

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
NICOLE MIGLIORINI MAGAGNIN

CIRCUITOS ELETRÔNICA BÁSICA – M1

Relatório apresentado como requisito parcial para a obtenção da M1 da disciplina de Eletrônica básica do curso de Engenharia de Computação pela Universidade do Vale do Itajaí da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia.

Prof. Walter Antonio Gontijo

1. OBJETIVO

2. INTRODUÇÃO

3. CIRCUITOS

3.1 – REVISÃO DE ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

3.1.1- RESISTÊNCIA EQUIVALENTE

Encontre a resistência equivalente dos circuitos abaixo:

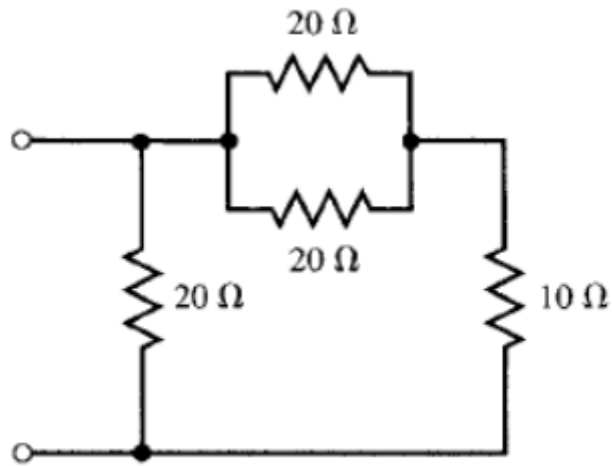


Figura 1 - Circuito 3.1.1 proposto

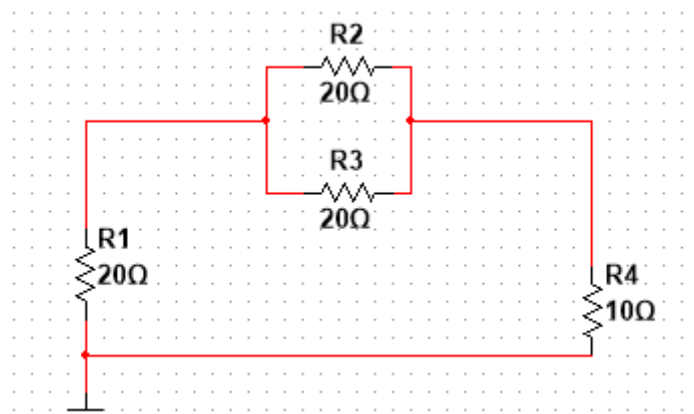


Figura 2 - Circuito 3.1.1 simulado no Multisim

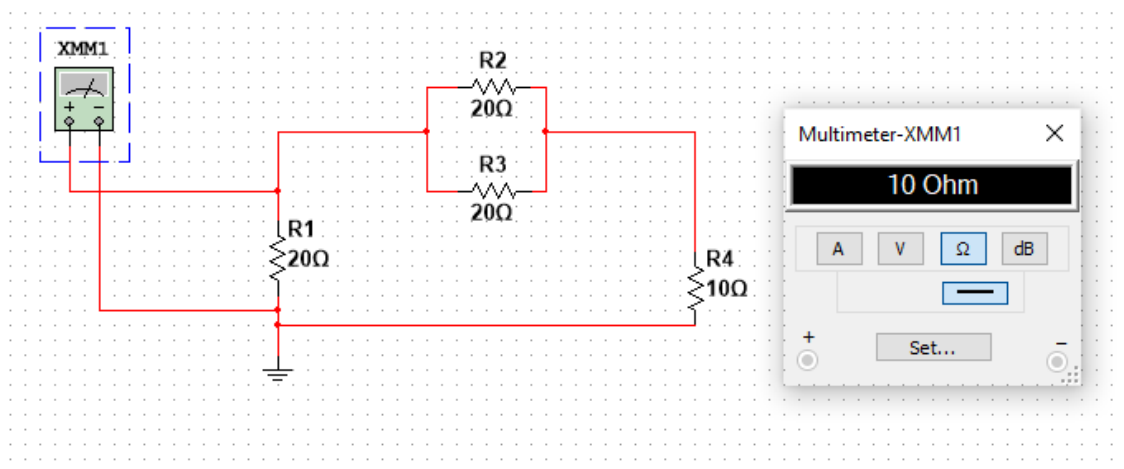


Figura 3 - Resistência equivalente do circuito 3.1.1 mensurada no Multisim

CÁLCULOS

$20\ \Omega \parallel 20\ \Omega + 10 = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10\ \Omega$
--

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Resistência equivalente	10 Ω	10 Ω

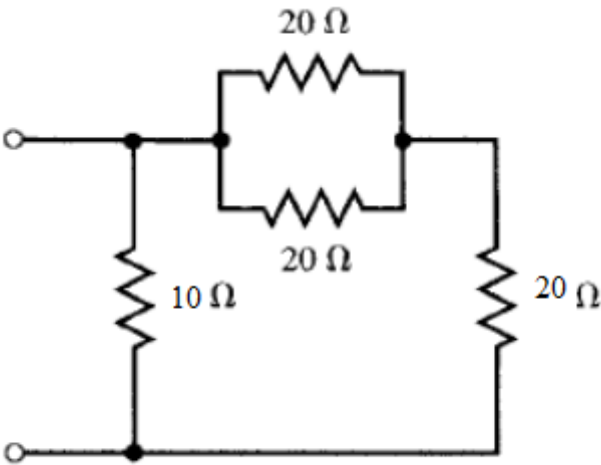


Figura 4 - Circuito 3.1.2 proposto

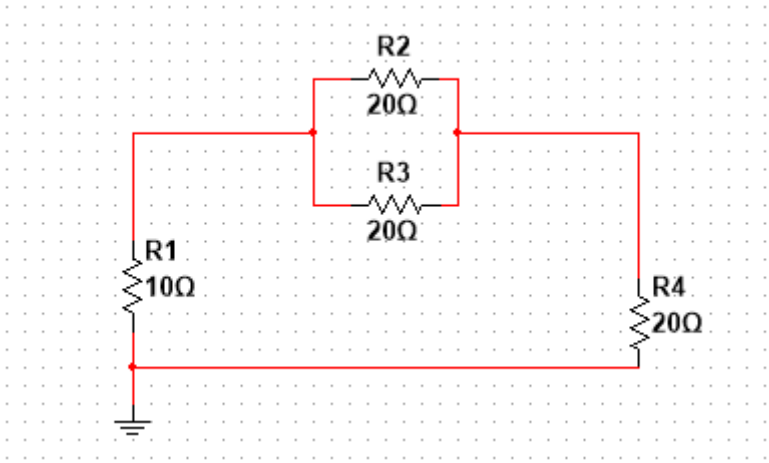


Figura 5 - Circuito 3.1.2 simulado

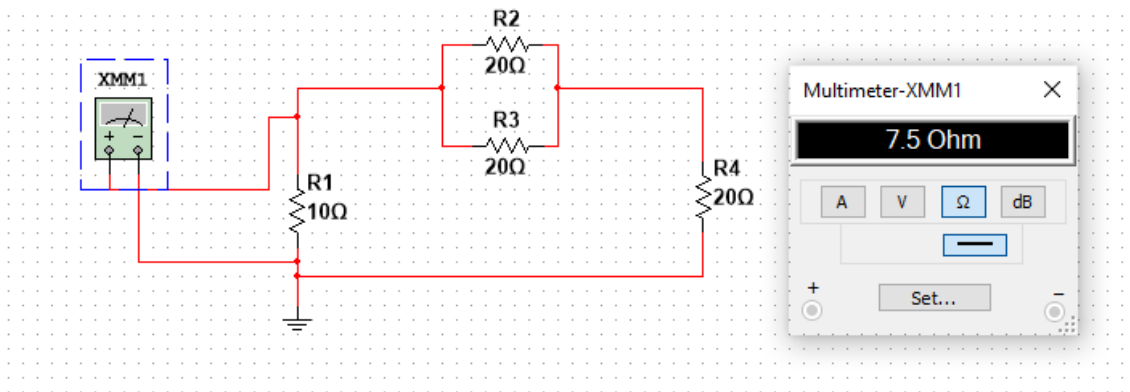


Figura 6 - Resistência equivalente do circuito 3.1.2 mensurada

CÁLCULOS

$$(20 \, \Omega \parallel 20 \, \Omega + 20 \, \Omega) = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10 \, \Omega + 20 \, \Omega$$

$$30 \, \Omega \parallel 10 \, \Omega = 7,5 \, \Omega$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Resistência equivalente	7,5 Ω	7,5 Ω

3.1.3 - MALHA SIMPLES

Encontre V_3 e sua polaridade levando em conta que a corrente I no circuito é de 0,40 A.

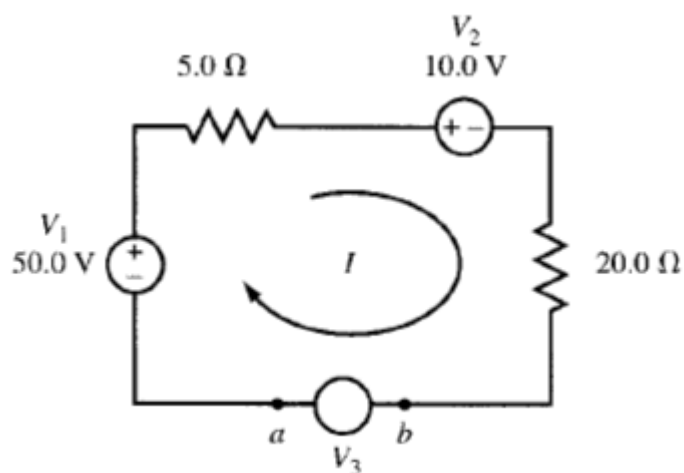


Figura 7 - Circuito 3.1.3 proposto

CÁLCULOS

$$R_{eq} = 20 \, \Omega + 5 \, \Omega = 25 \, \Omega$$

$$- 50V + 25i + 10 V = 0$$

$$- 40 V = -25 i$$

$$i = \frac{40}{25} = 1,6 \text{ A}$$

$$V = R * I$$

$$V_{ab} = 25 * 0,4 \text{ A}$$

$$V_{ab} = 10 \text{ V}$$

$$V_x = 25 * 1,6 \text{ A}$$

$$V_x = 40 \text{ V}$$

$$V_3 = V_x - V_{ab}$$

$$V_3 = 30 \text{ V}$$

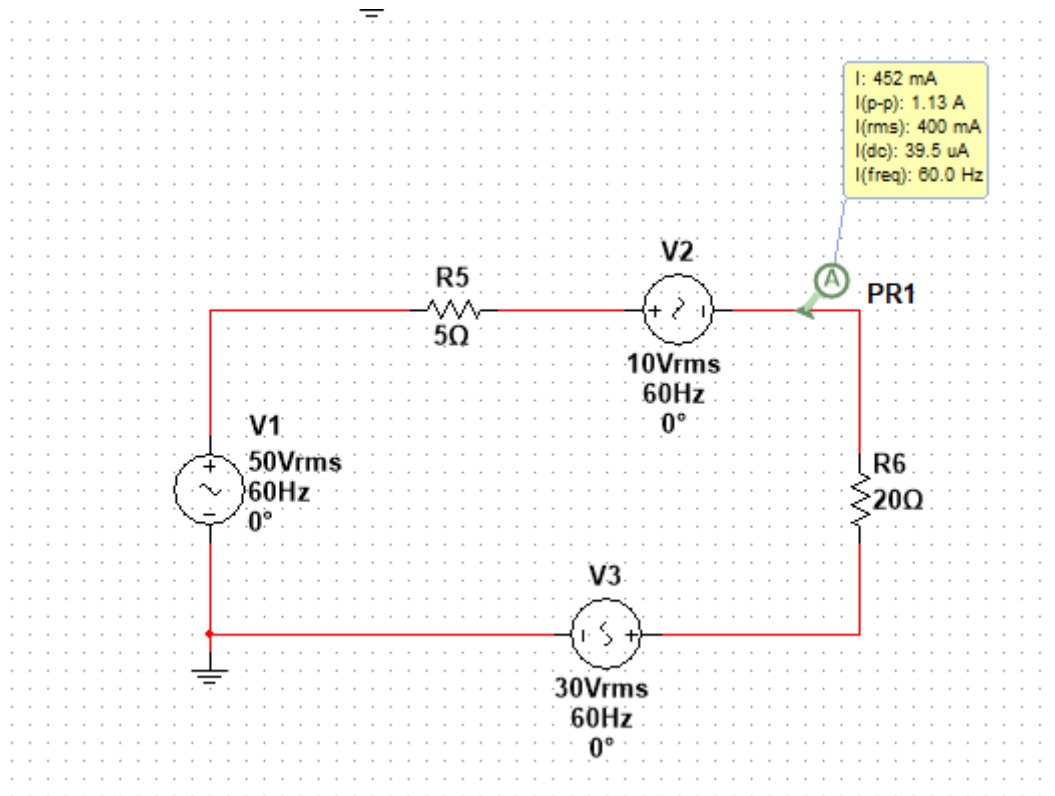


Figura 8 - Circuito 3.1.3 simulado

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
Corrente no circuito	0,4 A	0,4 A
V3	30 V	30 V

3.1.14 – MALHAS

Encontre os valores de corrente no circuito a seguir:

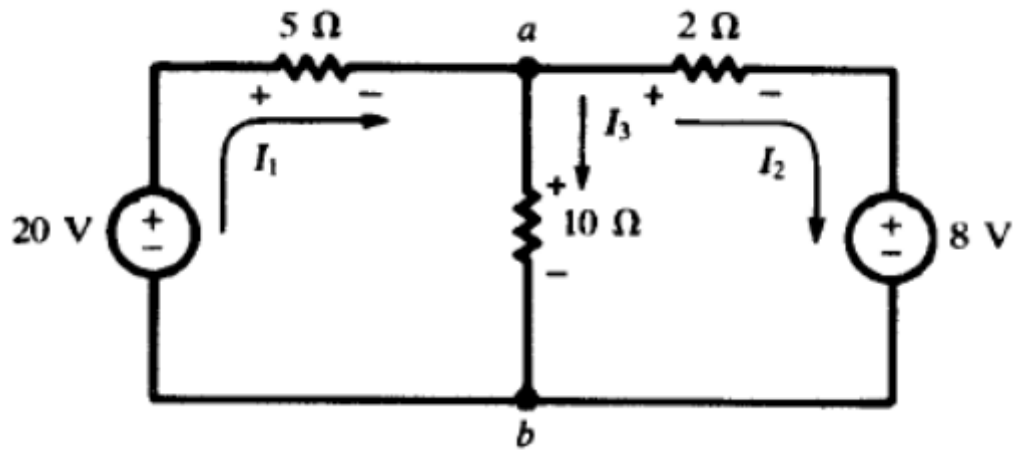


Figura 9 - Circuito 3.1.4 proposto

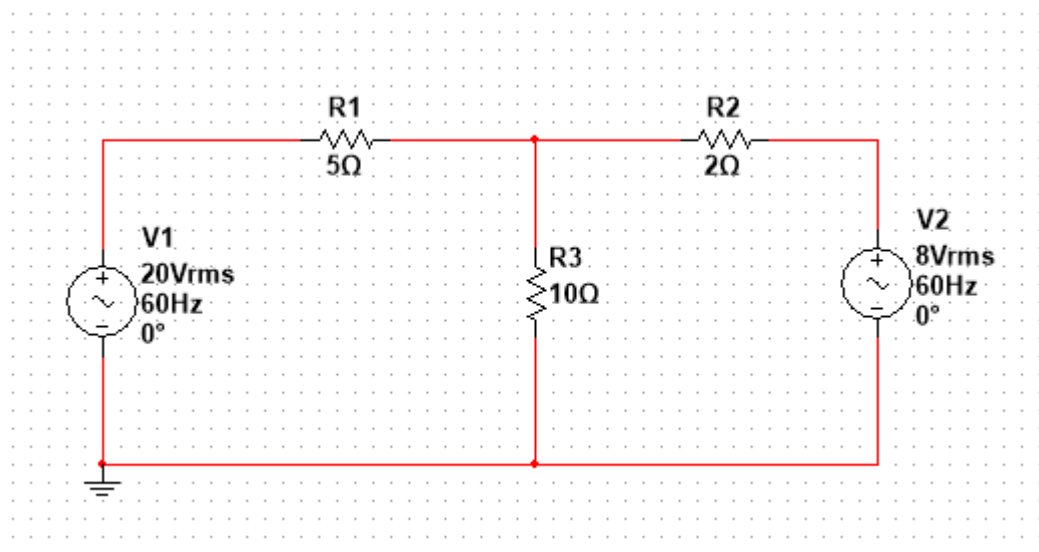


Figura 10 - Circuito 3.1.4 simulado

CÁLCULOS

Malha 1:

$$-20V + 5i_1 + 10(i_1 - i_2) = 0$$

$$5i_1 + 10i_1 - 10i_2 = 20$$

$$15i_1 - 10i_2 = 20$$

Malha 2:

$$8V - 10(i_1 - i_2) + 2i_2 = 0$$

$$-10i_1 + 10i_2 + 2i_2 = -8V$$

$$\begin{cases} 15i_1 - 10i_2 = 20 \quad (* 12) \\ -10i_1 + 10i_2 + 2i_2 = -8 \quad (* 10) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 180i_1 - 120i_2 = 240 \\ -100i_1 + 100i_2 + 20i_2 = -80 \end{cases}$$

$$180i_1 - 100i_1 - 120i_2 + 120i_2 = 240 - 80$$

$$80i_1 = 160$$

$$i_1 = 2 \text{ A}$$

Substituindo em malha 1:

$$15 \cdot 2 - 10i_2 = 20$$

$$30 - 10i_2 = 20$$

$$-10i_2 = -10$$

$$i_2 = 1 \text{ A}$$

$$i_3 = i_1 - i_2$$

$$i_3 = 2 - 1$$

$$i_3 = 1 \text{ A}$$

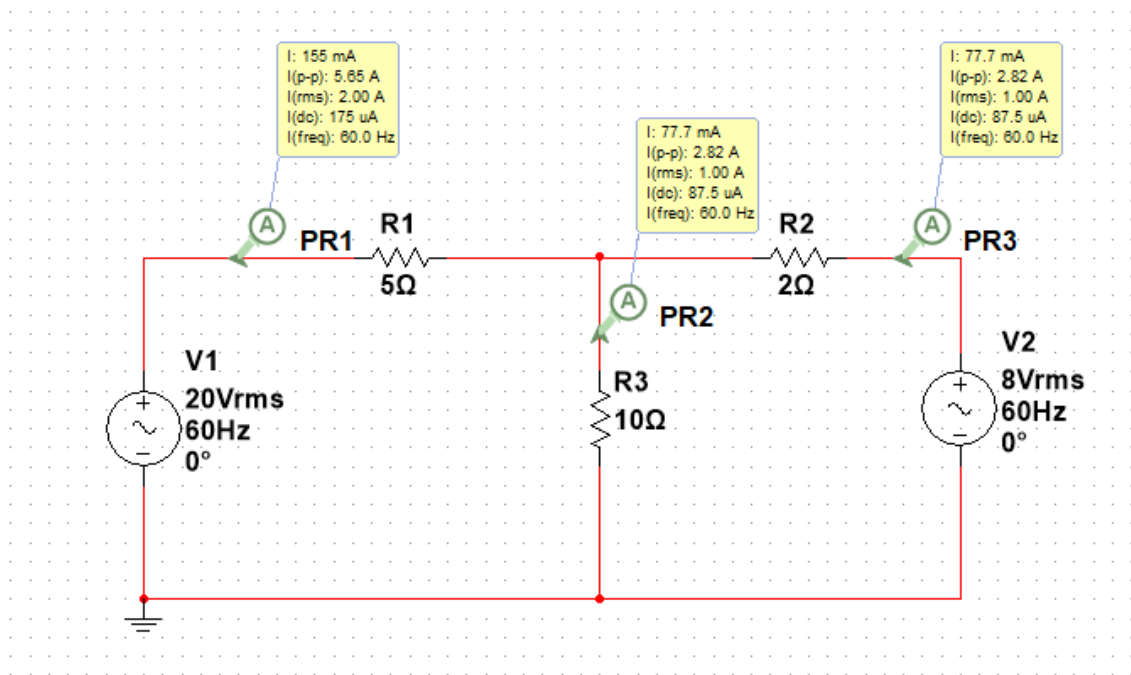


Figura 11 - Mensuração no circuito 3.1.4

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I1	2 A	2 A
I2	1 A	1 A
I3	1 A	1 A

3.1.5 - SUPERPOSIÇÃO

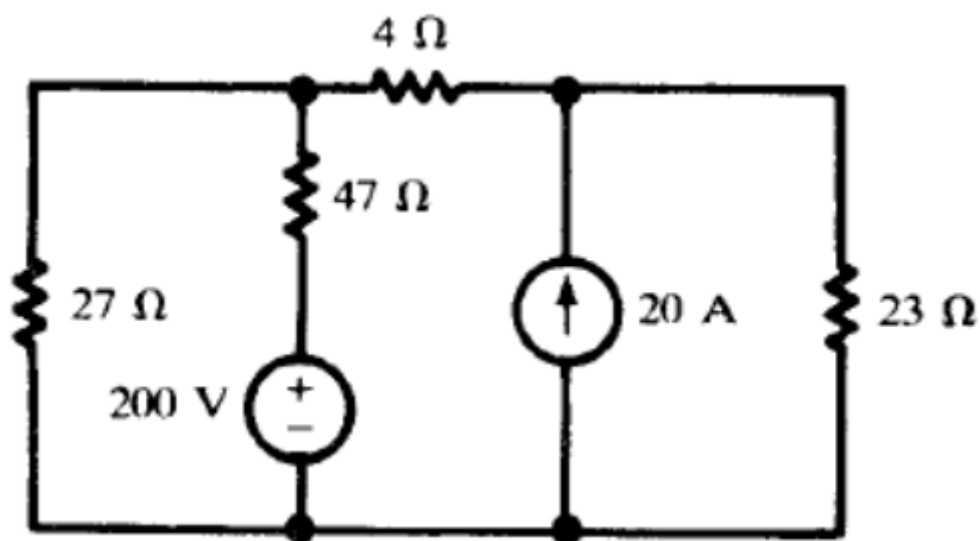
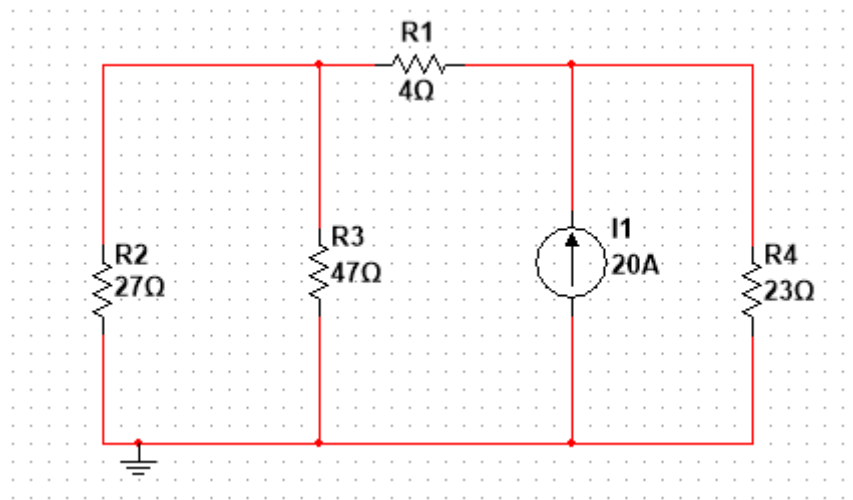


Figura 12 - Circuito 3.1.5 proposto

CÁLCULOS

V1 inativo e V2 ativo:



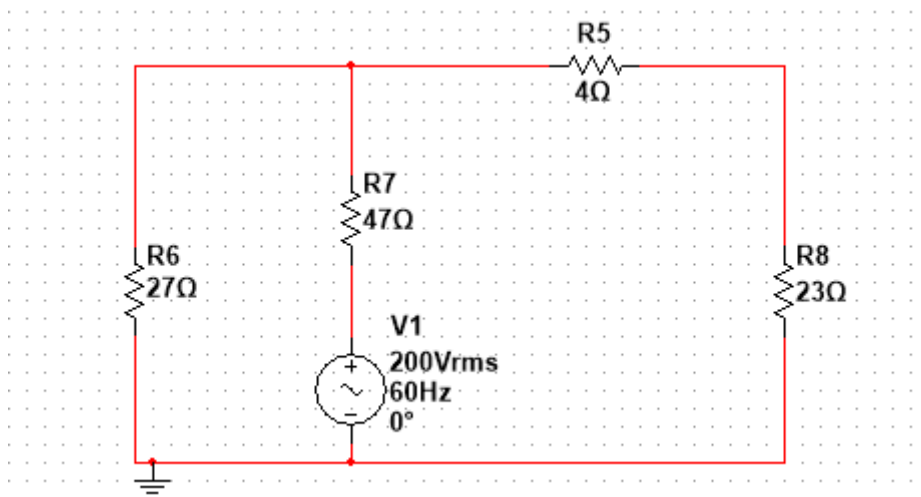
$$R_{eq} = (27 \parallel 47) + 4 = \frac{27 \cdot 47}{27 + 47} + 4 = 21,15 \, \Omega$$

$$R_{eq} = (21,15 \parallel 23) = \frac{21,15 \cdot 23}{21,15 + 23} = 11,02 \, \Omega$$

$$I_x = \frac{20 \cdot 23}{44,15} = -10,42 \, A$$

$$V_1 = 4 \cdot (-10,42) = -41,68 \, V$$

V1 ativo V2 inativo:



$$R_{eq} = (27 \parallel 27) + 47 = \frac{27 \cdot 27}{27 + 27} + 47 = 13,5 + 47 = 60,5 \, \Omega$$

$$I = \frac{200}{60,5} = 3,31 \, A$$

$$I_x = \frac{27 \cdot 3,31}{27 + 27} = \frac{89,37}{54} = 1,65 \, A$$

$$V_2 = 4 \cdot 1,65 = 6,62$$

$$V_x = 6,62 + (-41,68) = -35,06 \text{ V}$$

$$V_x = 35,06 \text{ V}$$

3.1.6 - THÉVENIN E NORTON

Calcule o equivalente de Thévenin e o equivalente de Norton para o circuito a seguir:

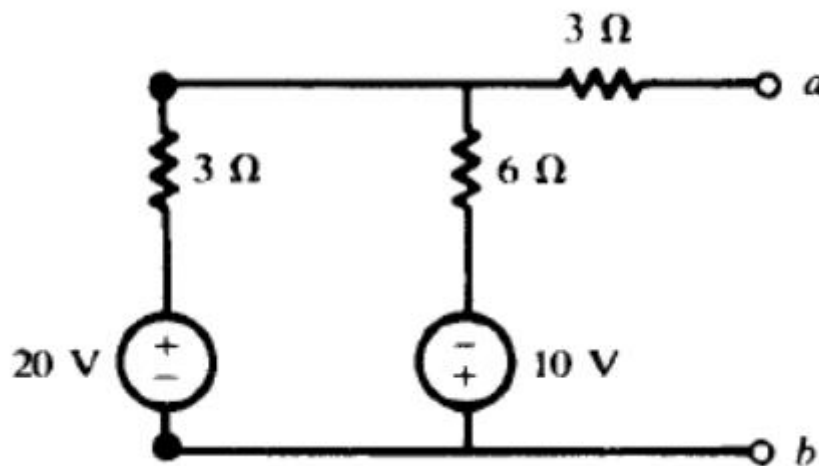


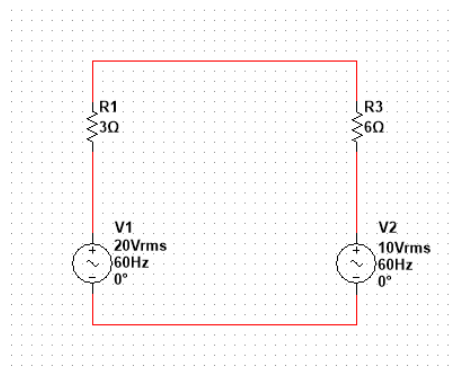
Figura 13 - Circuito 3.1.6 proposto

CÁLCULOS

Thévenin:

$$R_{th} = 6 \parallel 3 = \frac{6 \cdot 3}{9} = 2 \Omega$$

$$R_{th} = 2 + 3 = 5 \Omega$$



$$3i + 6i - 10 \text{ V} - 20 \text{ V} = 0$$

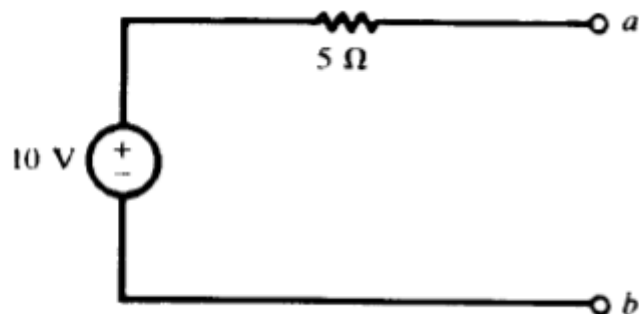
$$9i = 30 \text{ V}$$

$$i = 3,33 \text{ A}$$

$$V_{th} = R_3 \cdot I + V_2$$

$$V_{th} = 6 \cdot 3,33 - 10$$

$$V_{th} = 9,98 \text{ V}$$



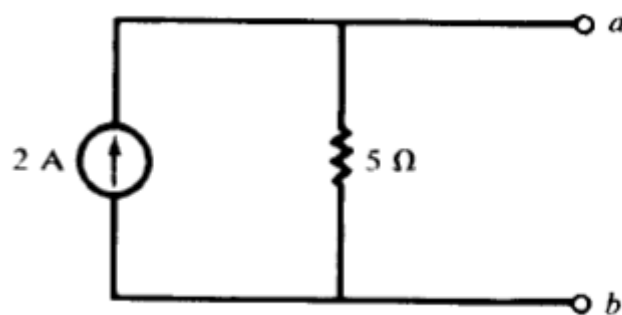
Norton:

$$R_{th} = R_n$$

$$R_n = 5 \Omega$$

$$I_n = \frac{V_{th}}{R_{th}} = \frac{9,98}{5}$$

$$I_n = 2 \text{ A}$$



(b) Norton Equivalent

3.2 – DIODOS

3.2.1 – DIODO IDEAL

Calcule I_D , I_R , V_D e V_R , para $E = 11\text{V}$. Considere o diodo ideal.

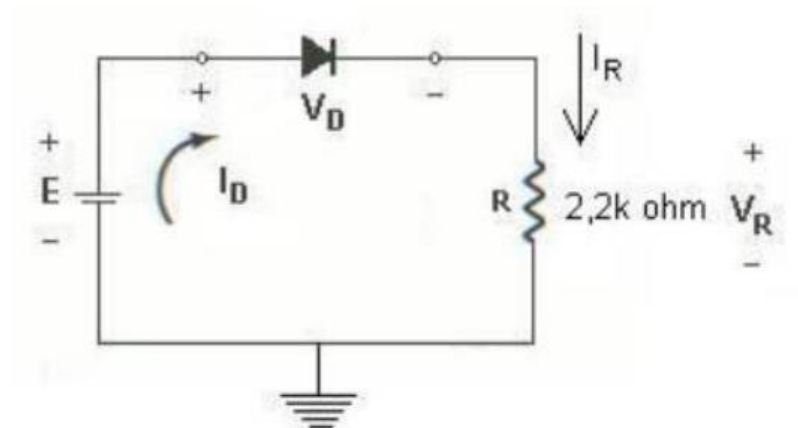


Figura 14 - Circuito 3.2.1 proposto

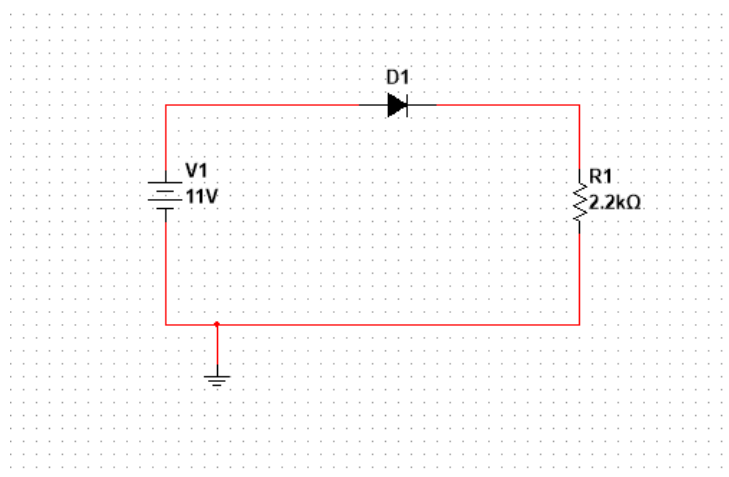


Figura 15 - Circuito 3.2.1 simulado

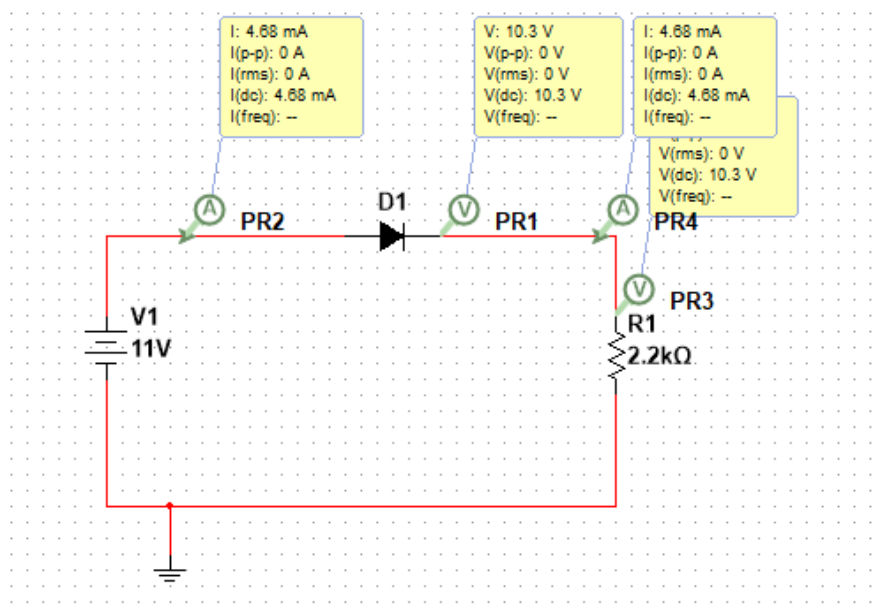


Figura 16 - Mensuração circuito 3.2.1

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	4,68 mA	5 mA
IR	4,68 mA	5 mA
VD	10,3 V	10 V
VR	10,3 V	10 V

CÁLCULOS

$$E - vD - i * R = 0$$
$$E = Vd + i * R$$
$$I = \frac{11V}{2,2k\Omega} = 0,005 = 5\text{ mA}$$
$$11 = VD + 0,005 * 2,2k$$
$$VD = 11 - 0,005 * 2,2k$$
$$VD = 11 - 1,1$$
$$VD = 9,9\text{ V}$$
$$VD = VR$$
$$VR = 10\text{ V}$$

Repita o exercício anterior considerando que a polaridade da fonte E foi invertida.

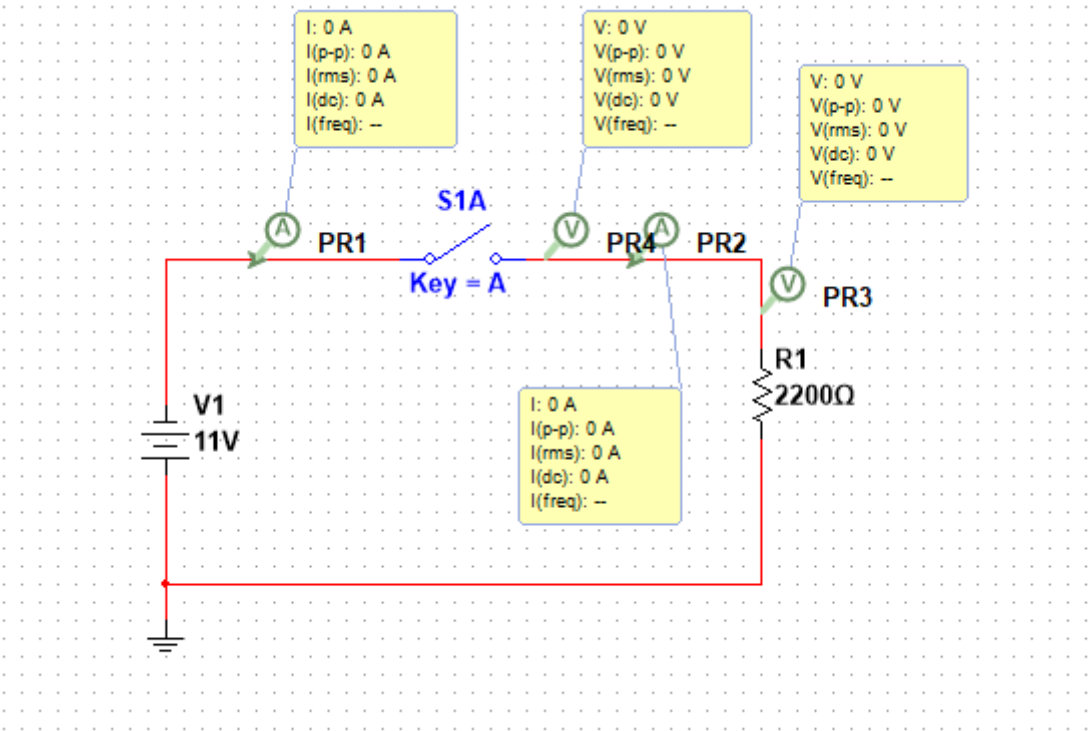


Figura 17 - Circuito 3.2.1 com a fonte invertida polarmente

3.2.2 – DIODO IDEAL

Calcule I_D , V_o e V_{D2} . Considere diodo ideal.

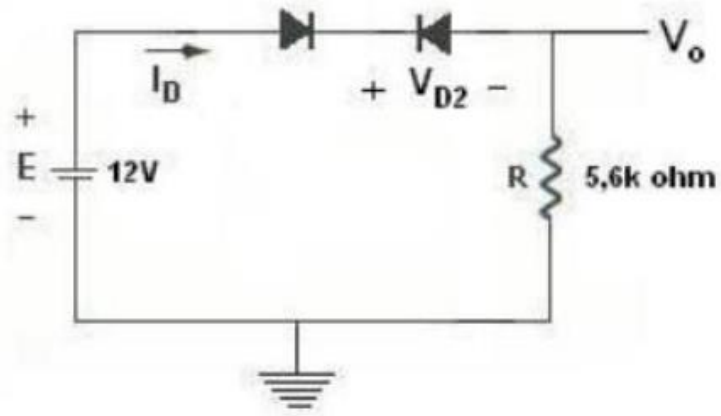


Figura 18 - Circuito 3.2.2 proposto

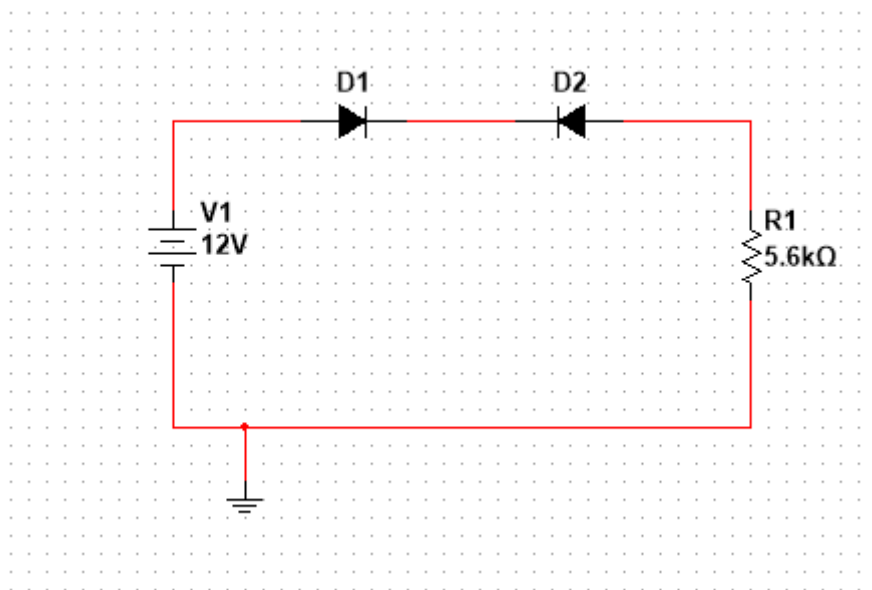


Figura 19 - Circuito 3.2.2 simulado

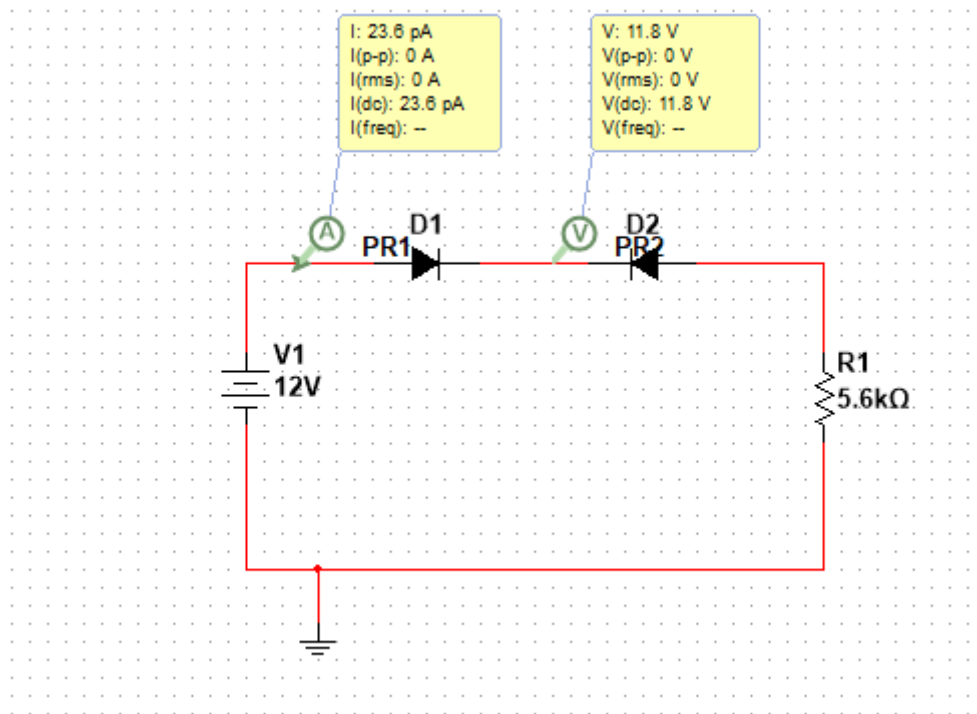


Figura 20 - Circuito 3.2.2 medido

CÁLCULOS

$$I_d = \frac{12}{5,6k}$$

$$I_d = 0,002143 \text{ A} = 0,214 \text{ mA}$$

$$V_0 = 0$$

$$V_{d2} = 12V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	0,0023 A	0,0021 A
V0	0	0
VD2	11,8 V	12 V

3.2.3 – DIODO IDEAL

Calcule I, VA, VR e Vo. Considere diodo ideal.

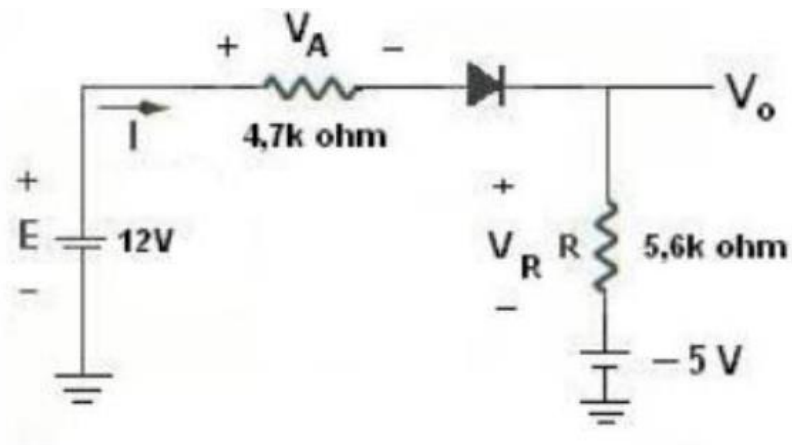


Figura 21 - Circuito 3.2.3 proposto

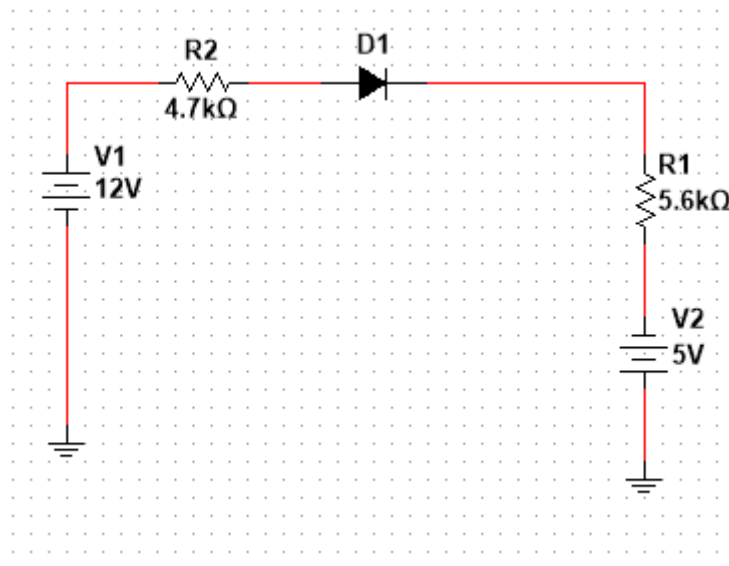


Figura 22 - Circuito 3.2.3 simulado

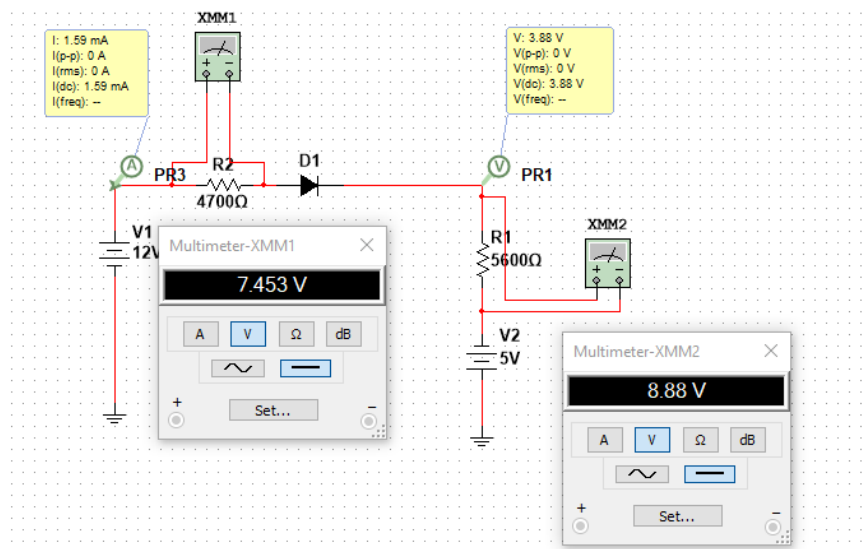


Figura 23 - Circuito 3.2.3 medurado

CÁLCULOS

$$I = \frac{12 + 5}{4,7\text{ k} + 5,6\text{ k}} = \frac{17}{10,3\text{ k}} = 0,0016\text{ A} = 1,6\text{ mA}$$

$$V_A = R * i = 4,7\text{ k} * 0,0016 = 7,52\text{ V}$$

$$V_R = 5,6\text{ K} * 0,0016 = 8,96\text{ V}$$

$$v_0 = 10,3\text{ k} * 0,0016 = 16,48\text{ V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I	1,59 mA	1,6 mA
VA	7,453 V	7,52 V
VR	8,8 V	8,96 V
V0		

3.2.4 – FORMA DE ONDA

Obtenha a forma de onda v_0 para a entrada mostrada. Considere diodo ideal

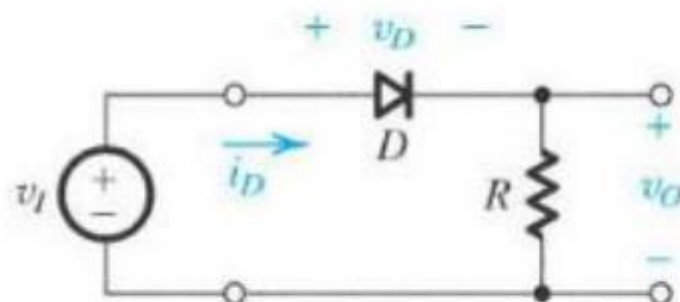


Figura 24 - Circuito 3.2.4 proposto

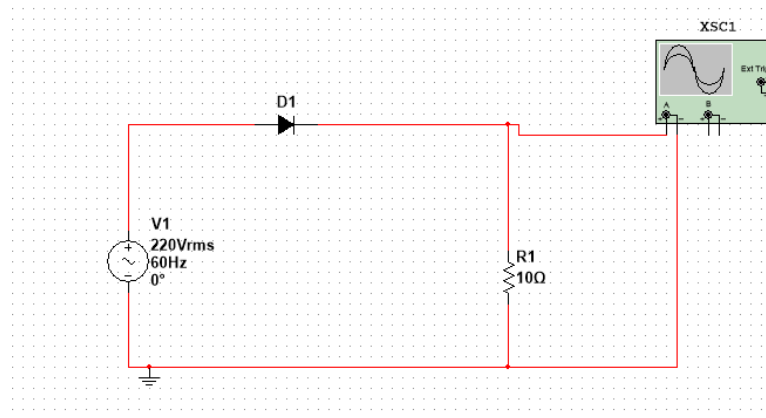


Figura 25 - Circuito 3.2.4 simulado

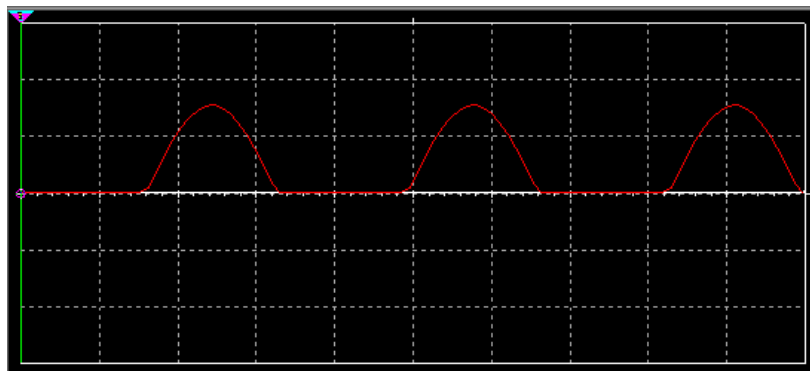


Figura 26 - Circuito 3.2.4 forma de onda

3.2.5 – FORMA DE ONDA CHAVE ABERTA E FECHADA

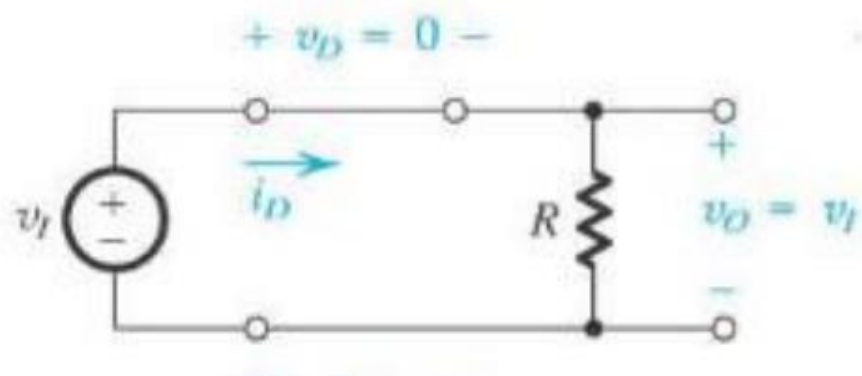


Figura 27 - Circuito 3.2.5-1 proposto

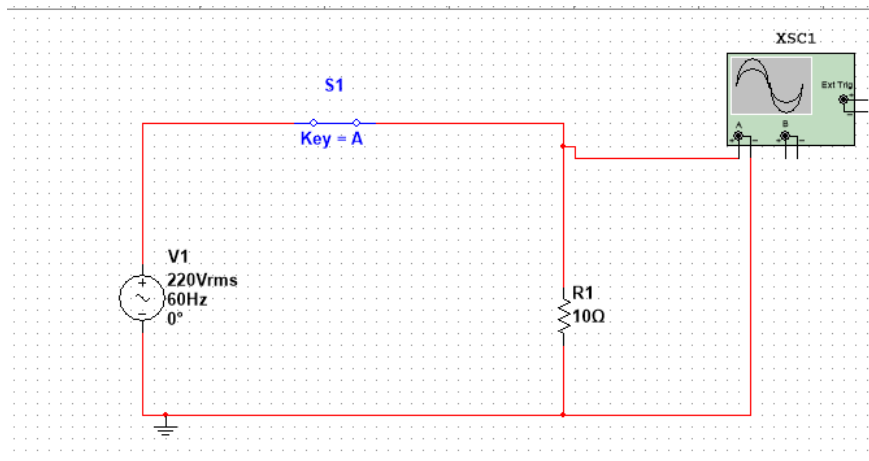


Figura 28 - Circuito 3.2.5 -1 simulado

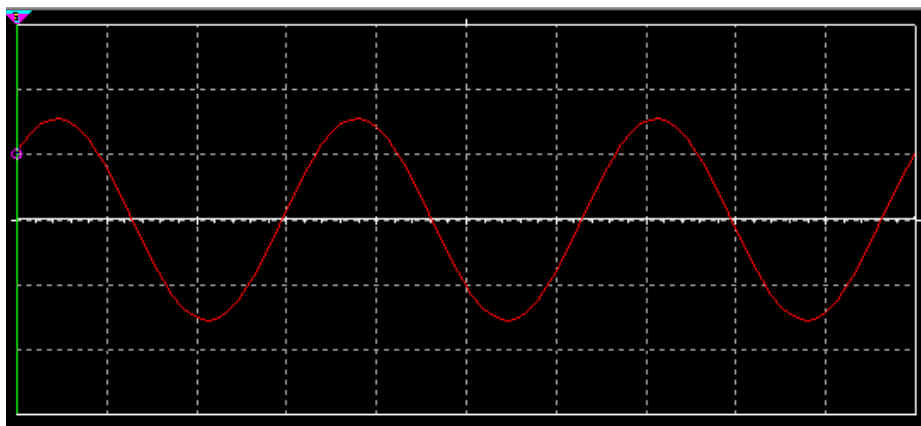


Figura 29 - Circuito 3.2.5-1 forma de onda

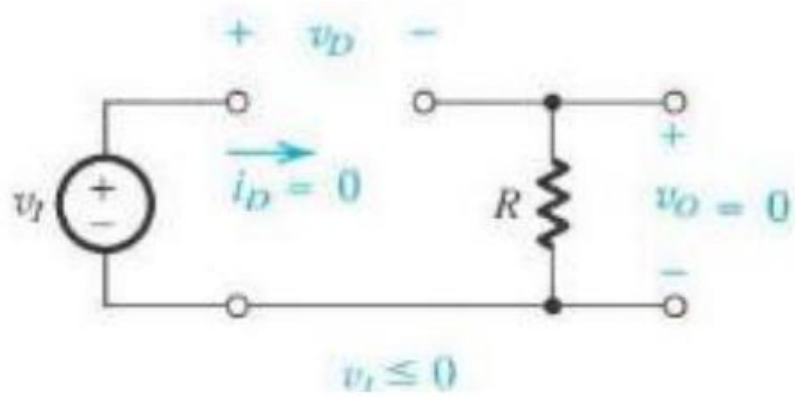


Figura 30 - Circuito 3.2.5-2

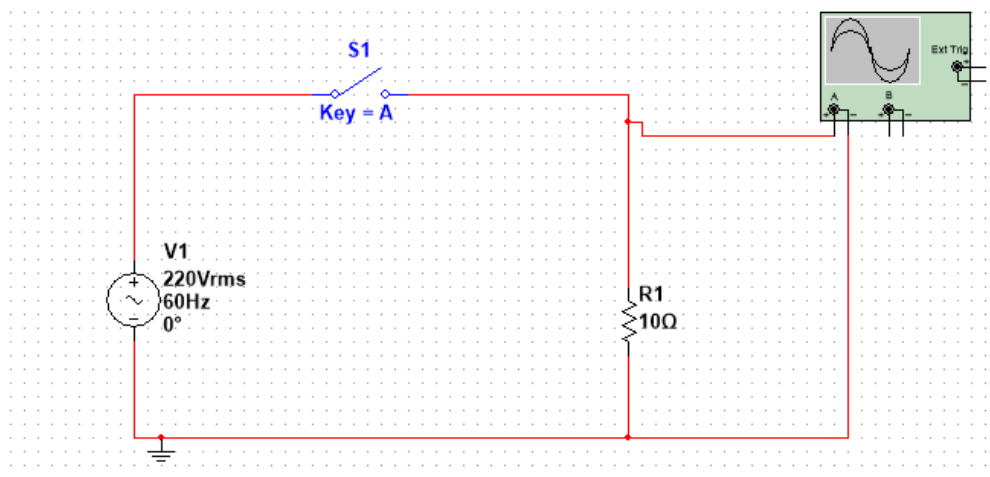


Figura 31 - Circuito 3.2.5 - 2 simulado

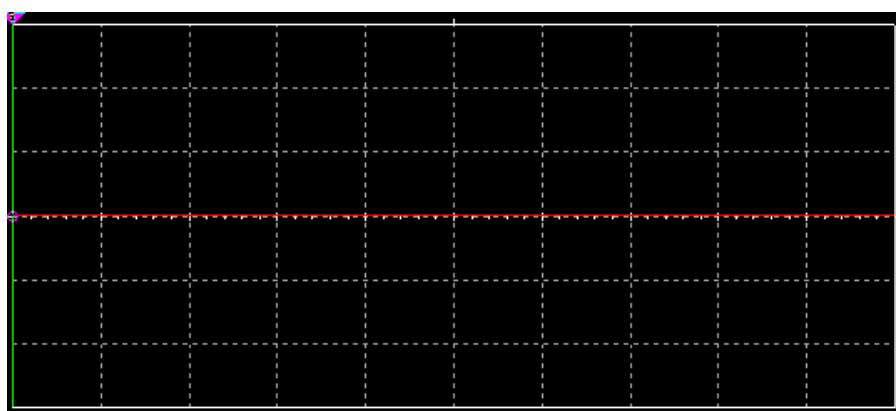


Figura 32 - Circuito 3.2.5-2 forma de onda

3.2.6 – DC SWEEP

Gerar a curva de um ou mais diodos utilizando a ferramenta DC Sweep do software Multisim.

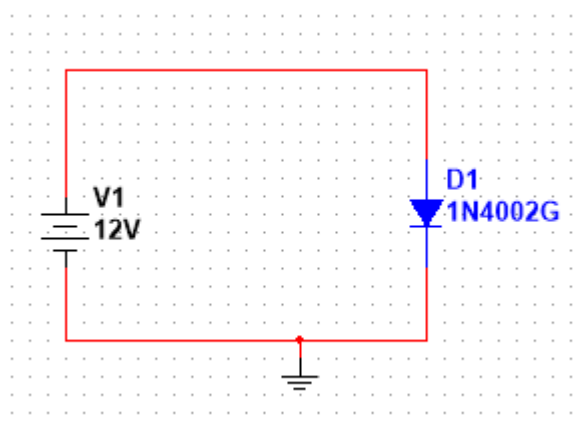


Figura 33 - Diodo número 1

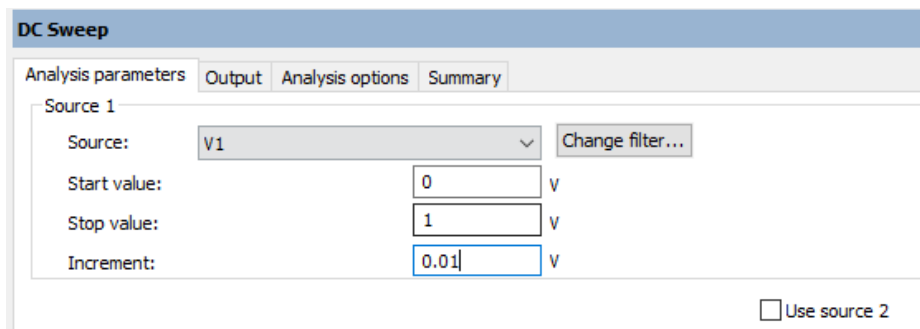


Figura 34 - Configurações DC Sweep

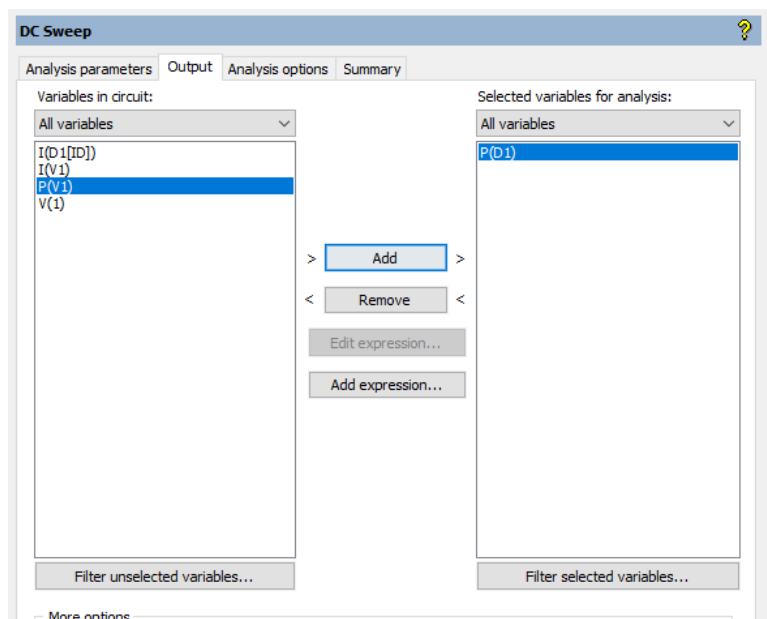


Figura 35 - Configurações de saída DC Sweep

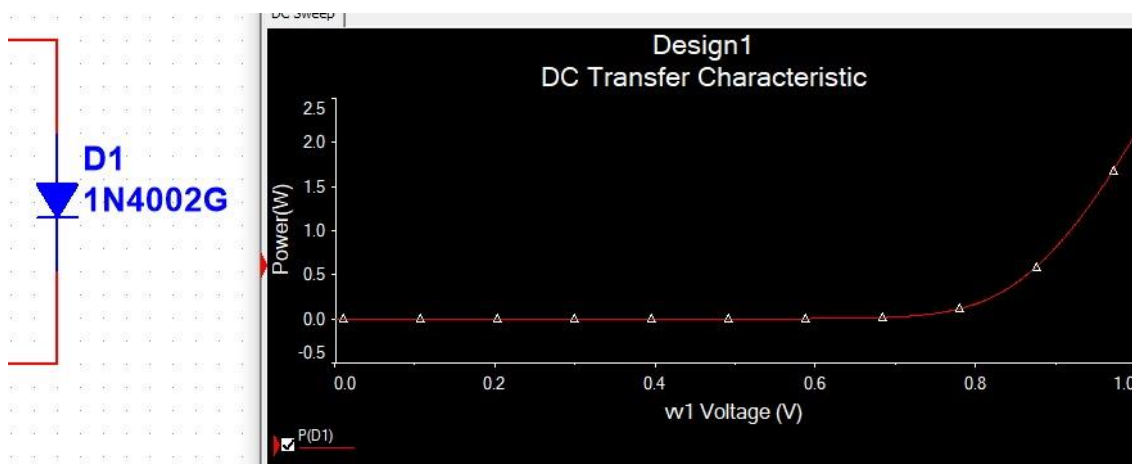


Figura 36 - Curva do diodo 1N4002G

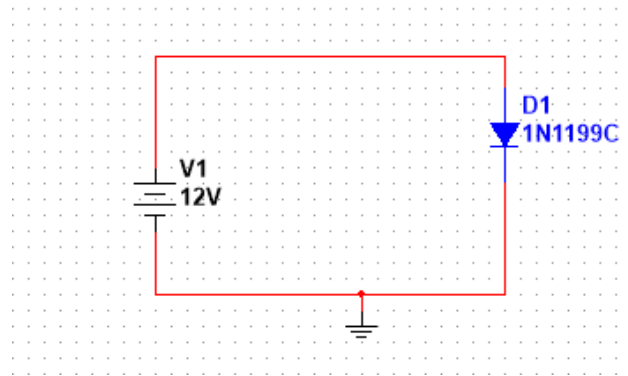


Figura 37 - Diodo número 2

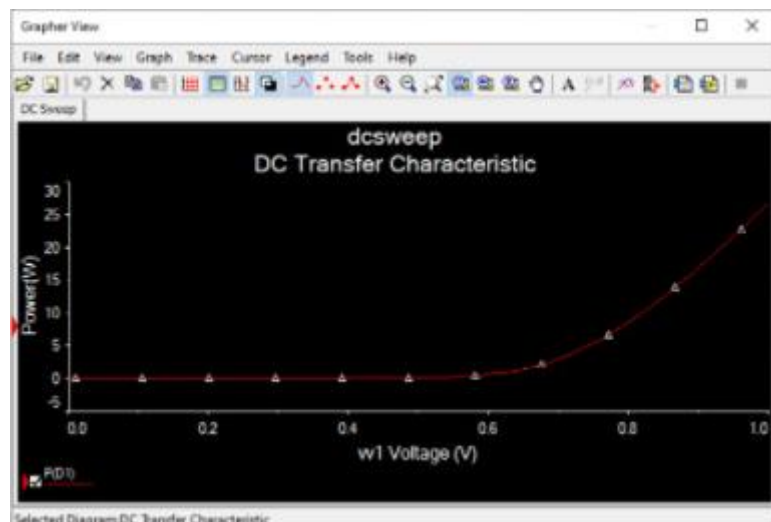


Figura 38 - Curva do diodo 1N1199C

3.3 – Diodo real X Diodo Ideal

3.3.1 – Diodo ideal

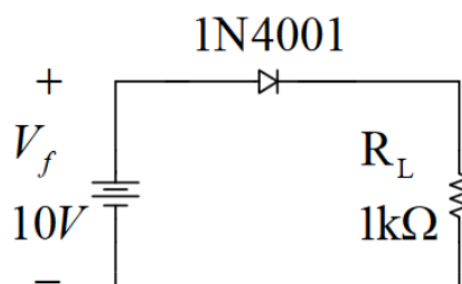


Figura 39 - Circuito 3.3.1 proposto

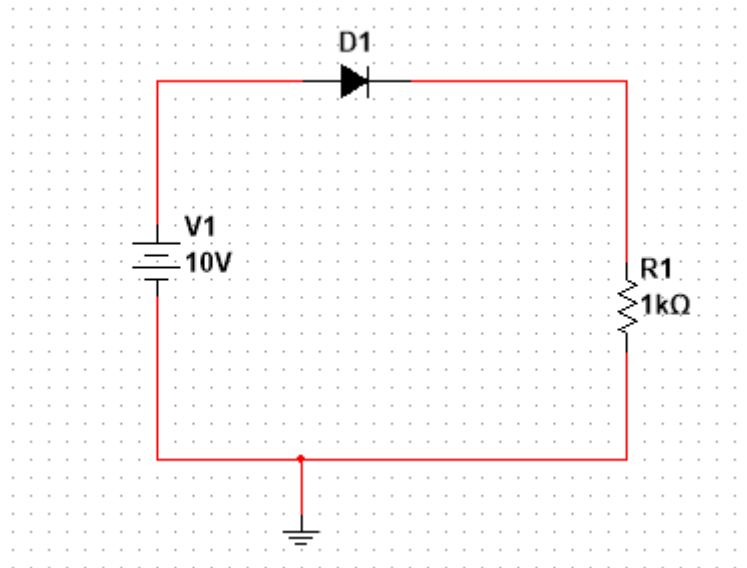


Figura 40 - Circuito 3.3.1 simulado

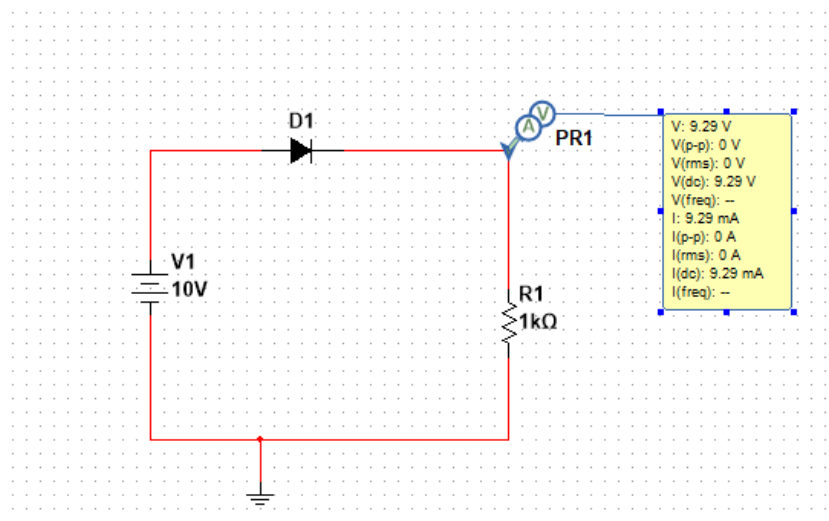


Figura 41 - Circuito 3.3.1 medido

CÁLCULOS

$$I_D = 1\text{mA}$$

$$V_D = 0\text{V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	9,29 mA	1 mA
VD	0 V	0 V

3.3.2 Modelo simplificado

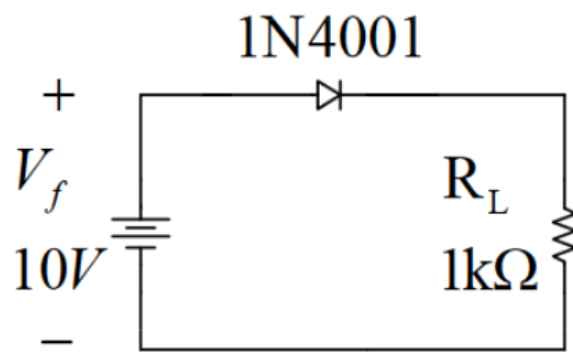


Figura 42 - Circuito 3.3.2 proposto

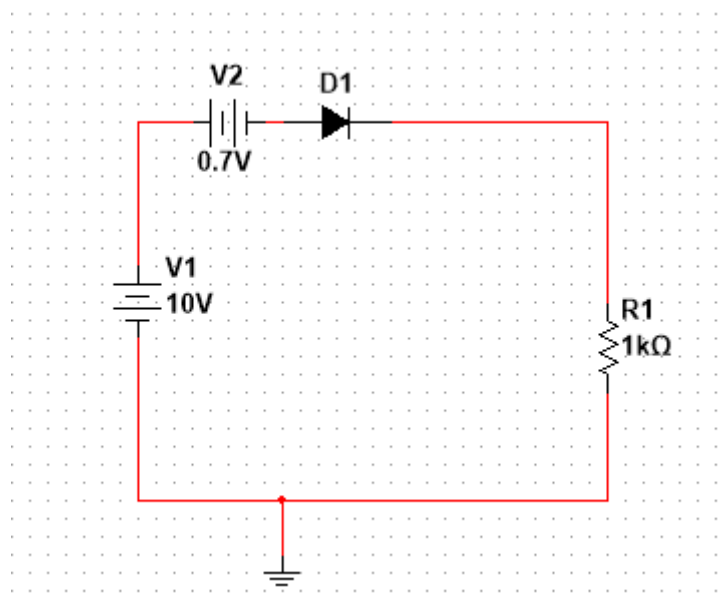


Figura 43 - Circuito 3.3.2 simulado

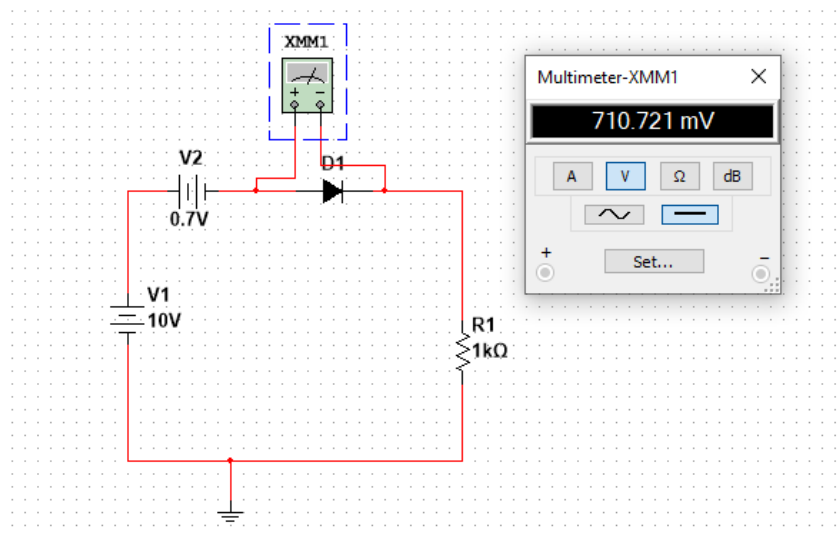


Figura 44 - Circuito 3.3.2 mensurado em VD

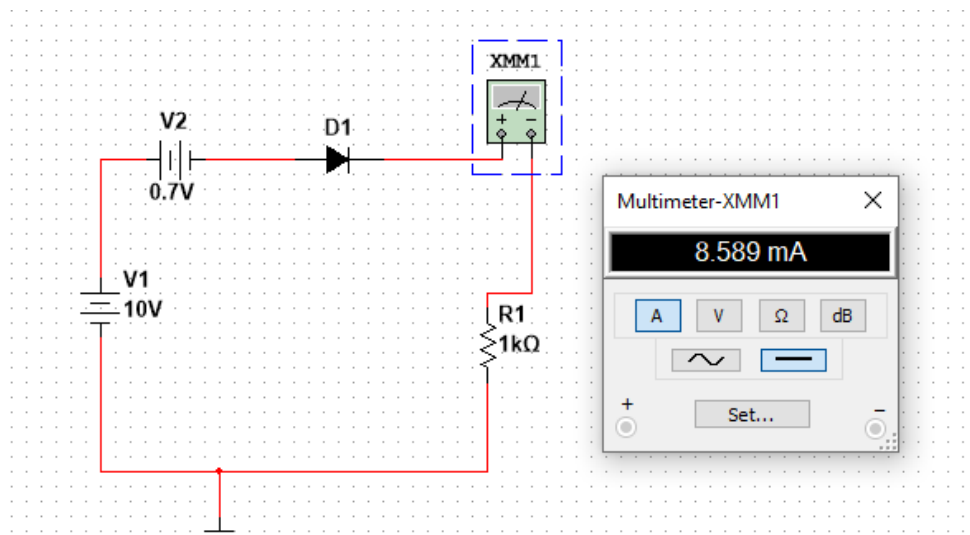


Figura 45 - Circuito 3.3.2 mensurado em ID

CÁLCULOS

$$I = V * R$$

$$ID = 10V - 0,7V = 9,3V \rightarrow 9,3 * 1k\Omega = 9,3 mA$$

$$VD = 0,7 V$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
ID	8,59 mA	9,3 mA
VD	0,710 V	0,7 V

3.3.3 – Modelo linear – Considere que $R_{avg} = 10R$

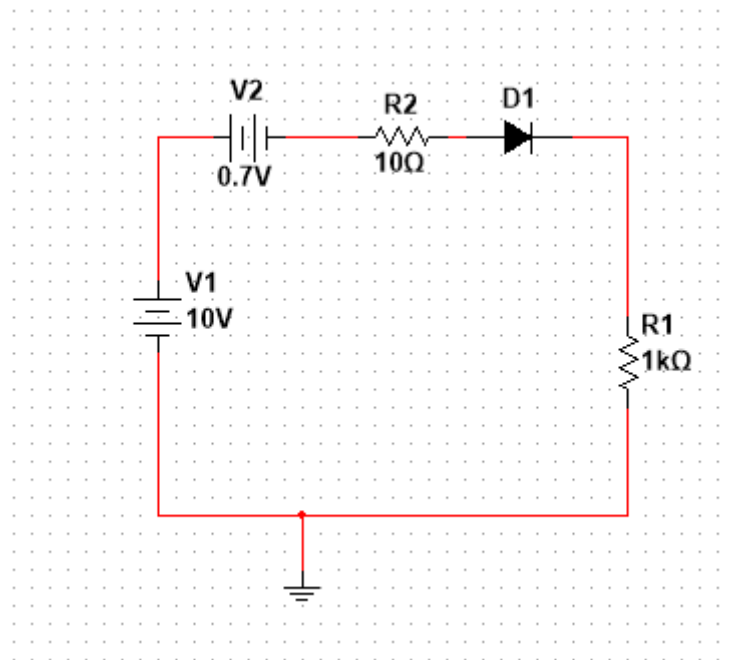


Figura 46 - Circuito 3.3.3 proposto

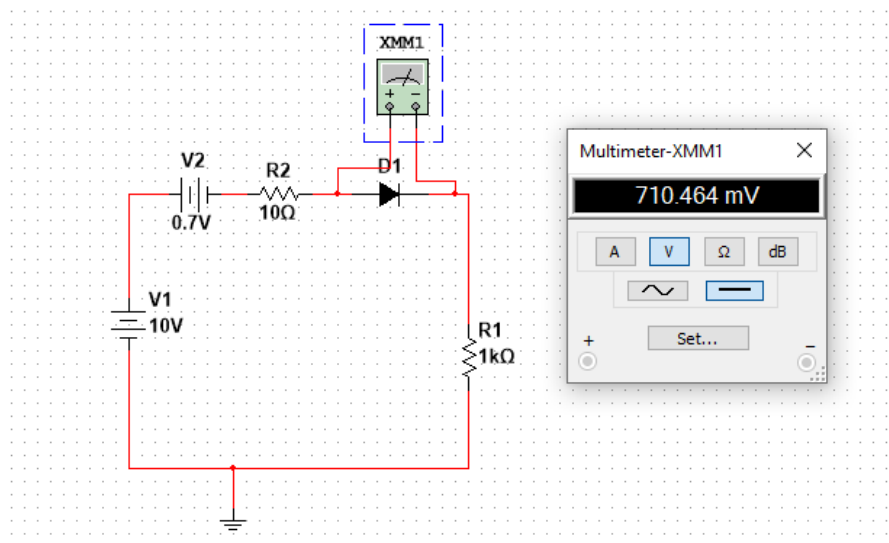


Figura 47 - Circuito 3.3.3 com VD mensurado

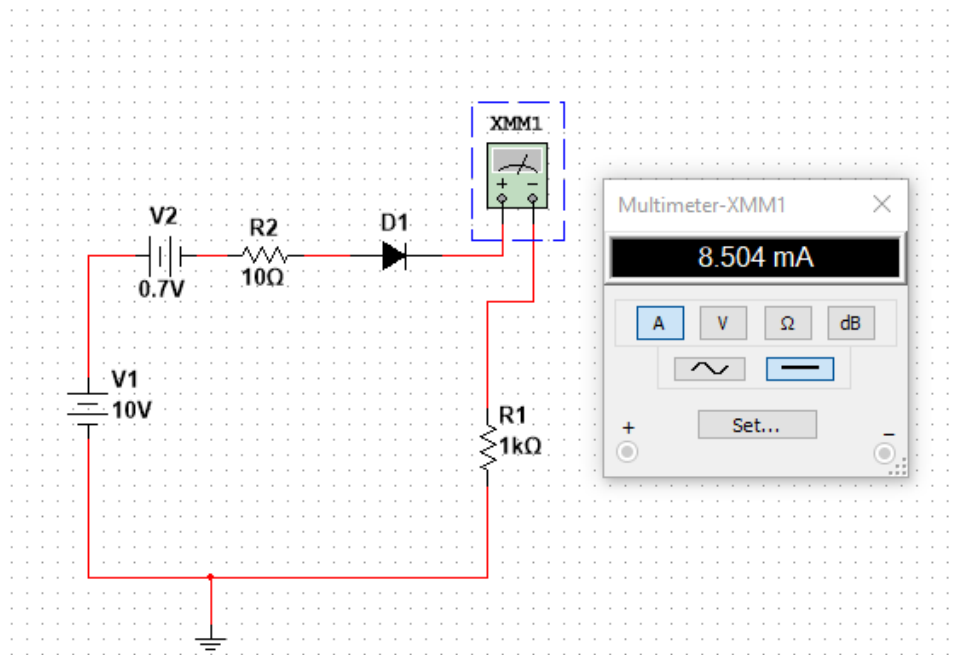


Figura 48 - Circuito 3.3.3 com I_D medido

CÁLCULOS

$$V_f = V_D + I_D \cdot R_{av} + I_D \cdot V_L$$

$$10 = 0,7 + I_D \cdot (R_{av} + V_L)$$

$$10 = 0,7 + I_D (10 + 1000)$$

$$1.010 I_D = 9,3/1.010$$

$$I_D = 9,2 \text{ mA}$$

$$R_{média} = 9,2 \text{ mA} \cdot 10$$

$$R_{média} = 0,092 \Omega$$

$$V_D = 0,7 + 0,092$$

$$V_D = 0,792 \text{ V}$$

TABELA COMPARATIVA

PARÂMETRO	SIMULADO	TEÓRICO
I_D	8,5 mA	9,2 mA
V_D	0,71 V	0,792 V

3.3.4 – Diodo real – Análise pela reta de carga

```

import matplotlib.pyplot as mp
import math
import numpy

IS = 1*10**(-16)
Vt = 0.025
passo = 0.001
i = 0.0

#CÁLCULO DE ID
VD = numpy.arange(0, .8, passo)
ID = IS*(numpy.exp(VD/Vt)-1)

#CÁLCULO RETA DE CARGA
Vcc = 10
rs = 2000
id = (-VD + Vcc)/rs

mp.subplot(2,1,1)
mp.plot(VD, ID)
mp.subplot(2,1,1)
mp.plot(VD, id, 'r')
mp.title('Curva do Diodo e reta de carga')

mp.grid()
mp.show()

```

Figura 49 - Código em Python para a impressão da curva do diodo e reta da carga

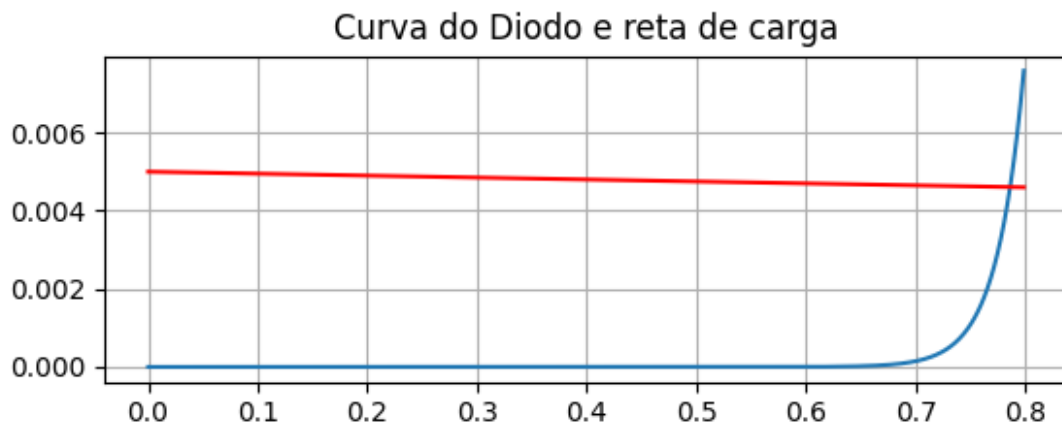


Figura 50 - Curva do diodo e reta da carga plotados

EXERCÍCIO 1 -

Considerando a curva $I_D \times V_D$ de um diodo, calcule:

- O ponto quiescente do diodo p/ $V_S = 2,0V$ e $R_S = 50\Omega$
- A resistência dinâmica entre $I_D = 15mA$ e $I_D = 30mA$

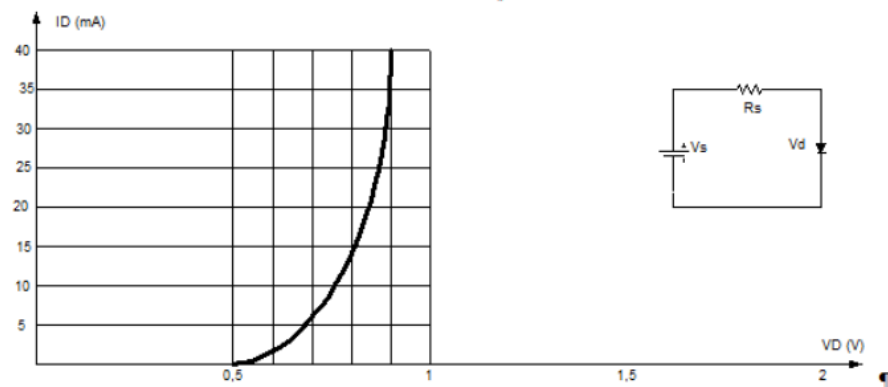


Figura 51 - Análise pela reta da carga circuito 1

CÁLCULOS

$$V_S = V_D + I_D * R_S$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} = 40 \text{ mA}$$

$$I_D = 0 \rightarrow V_D = V_S = 2V$$

Letra a)

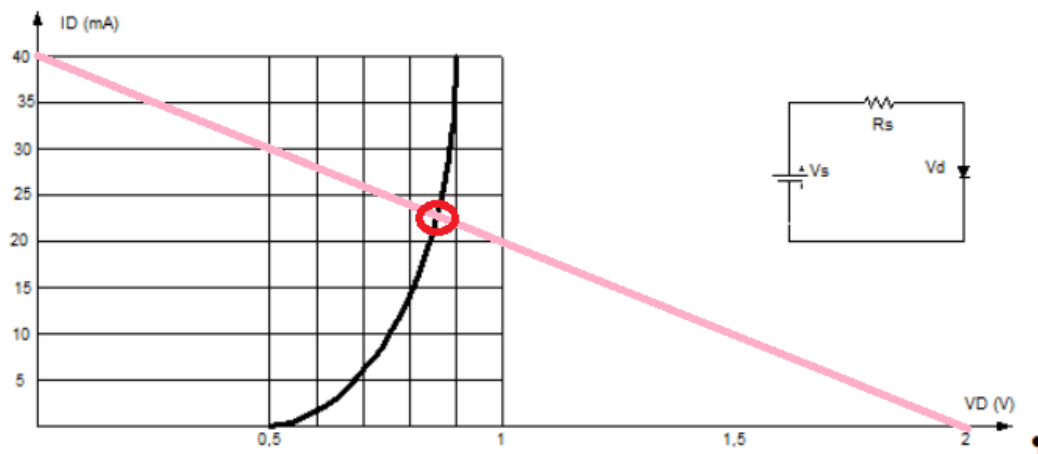


Figura 52 - Reta traçada

$$V_D = 0,85 \text{ V}$$

$$I_d = 24 \text{ mA}$$

Letra b)

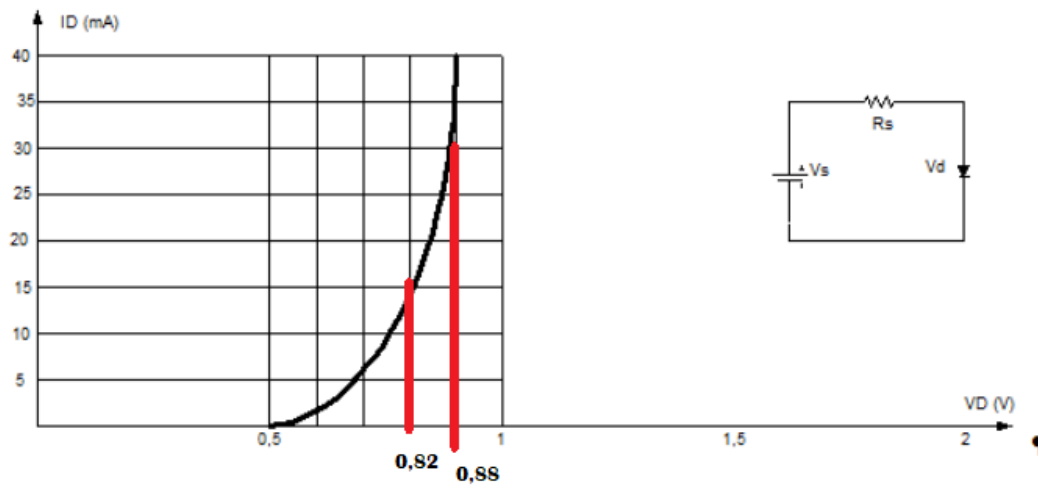


Figura 53 - Traçado de $I_d = 15\text{mA}$ e $I_d = 30\text{mA}$

$$V_{ac} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

$$V_{ac} = \frac{0,88 - 0,82}{15\text{mA}} = \frac{0,06}{15\text{mA}} = 4\text{V}$$

EXERCÍCIO 2 – Diodo ideal

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões V_R e V_{RL} .

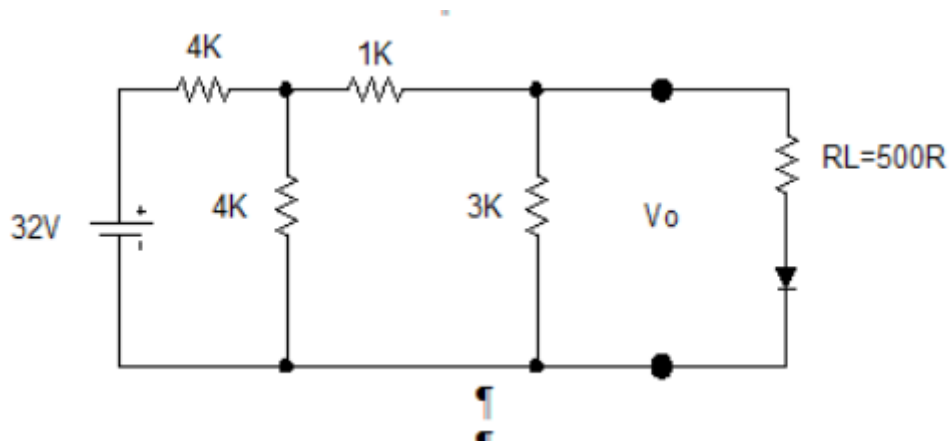


Figura 54 - Imagem exercício 2

CÁLCULOS

EXERCÍCIO 3 – Modelo simplificado do diodo

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões V_R e V_{RL} .

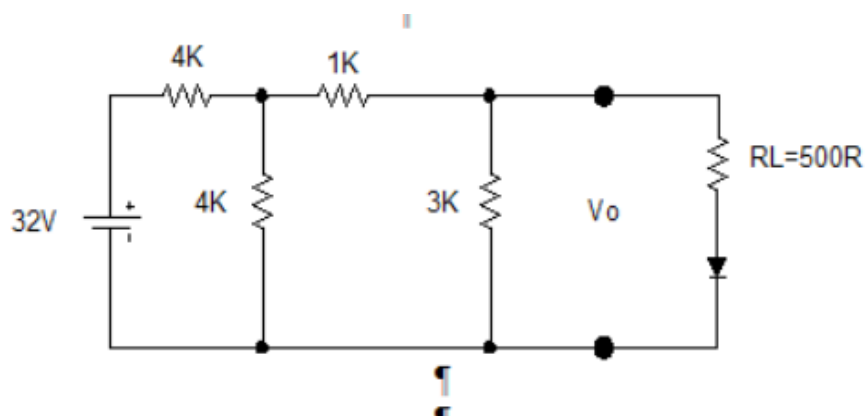


Figura 55 - Imagem exercício 3

EXERCÍCIO 4 –

Considere o modelo linear e $R_{avg} = 10R$.

No circuito calcule a corrente pelos diodos e as tensões V_R e V_{RL} .

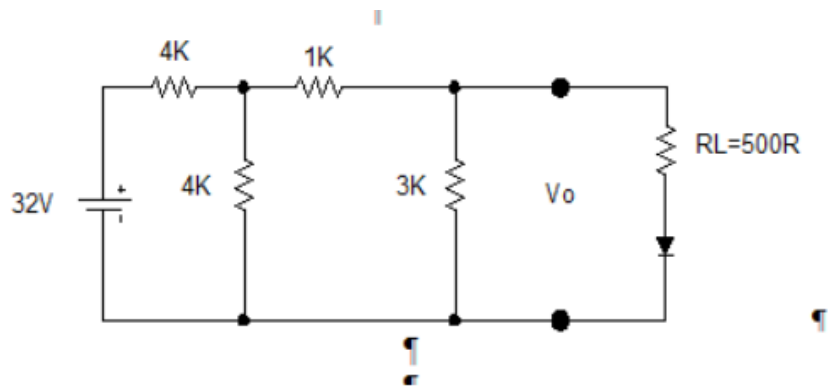


Figura 56 - Imagem exercício 4

EXERCÍCIO 5 –

Considere o circuito abaixo e a especificação para 3 diodos, pede-se:

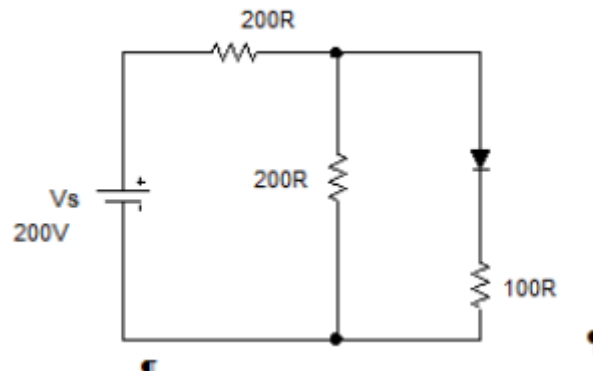


Figura 57 - Imagem exercício 5

Diodo	I_F (A)	V_{RM} (V)
A	0,2	100
B	0,5	80
C	1,0	50

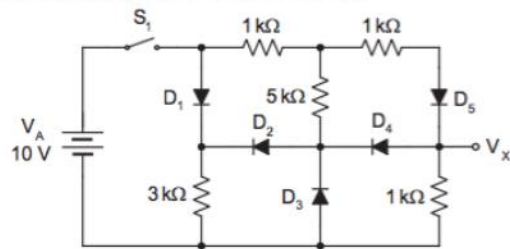
Figura 58 - Diodos especificados

- a) → Com a polaridade da fonte mostrada na figura, calcule a corrente pelo diodo e indique, se existir, qual diodo se danificará.
b) → Inverta a polaridade da fonte, calcule a tensão sobre o diodo e indique, se existir, qual diodo se danificará.

Figura 59 - Enunciado exercício 5

DESAFIO –

No circuito da figura, considere que os diodos apresentam uma queda de tensão $V_D = 0,7 \text{ V}$ quando estão conduzindo corrente e que não apresentam corrente de fuga quando estão em corte.



Assim, quando a chave S_1 for fechada, a tensão na saída V_x , em volts, será

- (A) 9,3
- (B) 6,9
- (C) 5,3
- (D) 3,1
- (E) 1,7

Figura 60 – Desafio

3.4 – CEIFADORES

Circuitos ceifadores são circuitos que tem a capacidade de cortar (ceifar) uma parte do sinal, esses podem ser em série ou em paralelo.

3.4.1– Ceifador em série com fonte

Ceifador série com fonte, exemplo:

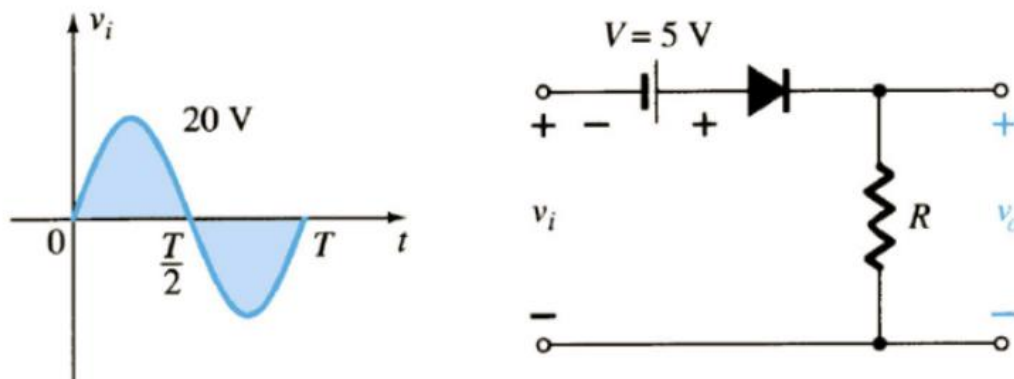


Figura 61 - Ceifador 1 em série

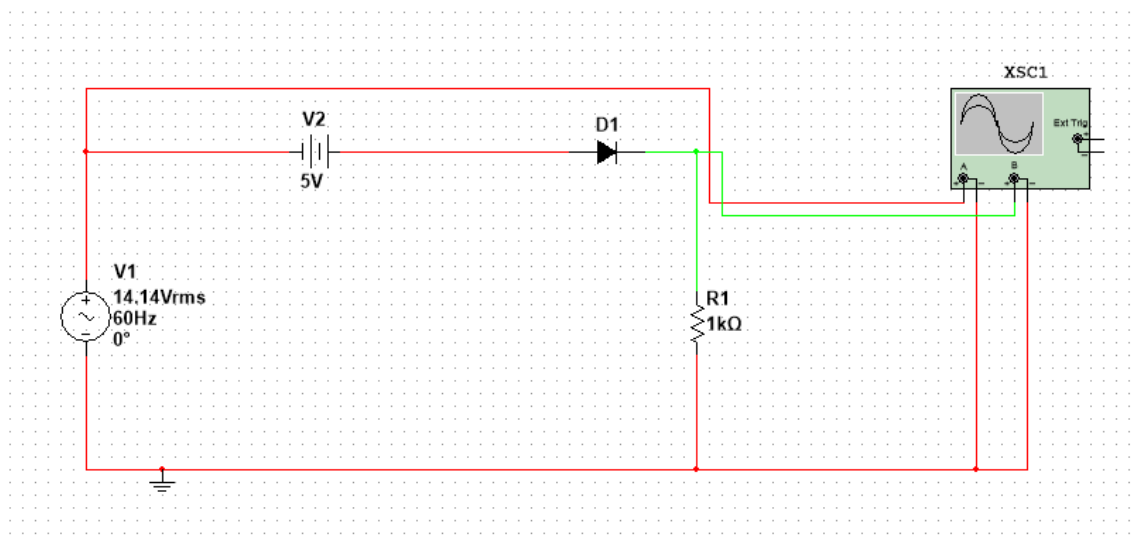


Figura 62 - Ceifador 1 simulado

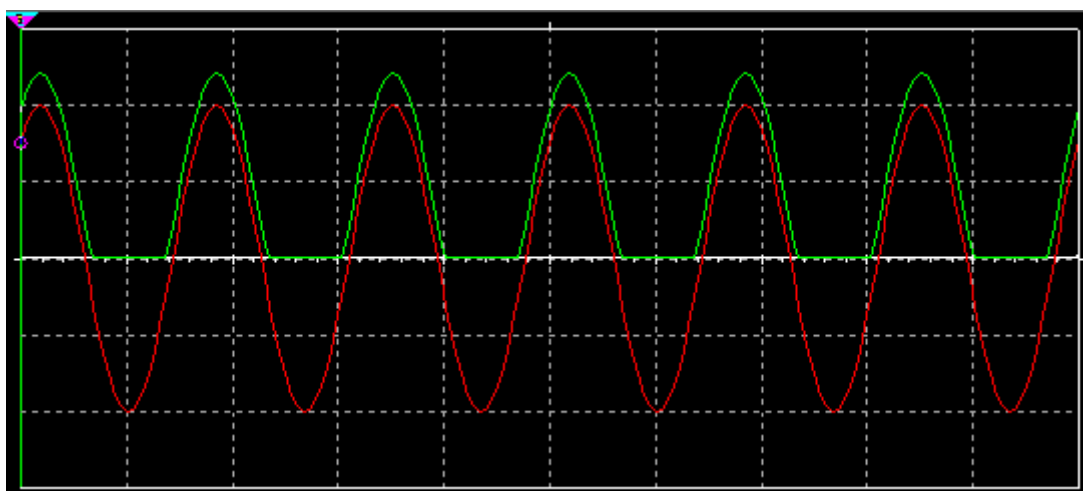


Figura 63 - Forma de onda ceifador 1

Fica visível que a onda em verde possui um pico maior que a onda em vermelho, porém ela não possui valores negativos, isso ocorre devido ao circuito ceifador cortar a onda parcialmente quando a fonte V1 atinge valores abaixo de 5V. A soma das fontes V1 e V2 faz com que o diodo seja inversamente polarizado e não permita a passagem de corrente para V0.

3.4.2 – Ceifador em série com fonte

Ceifador série com fonte:

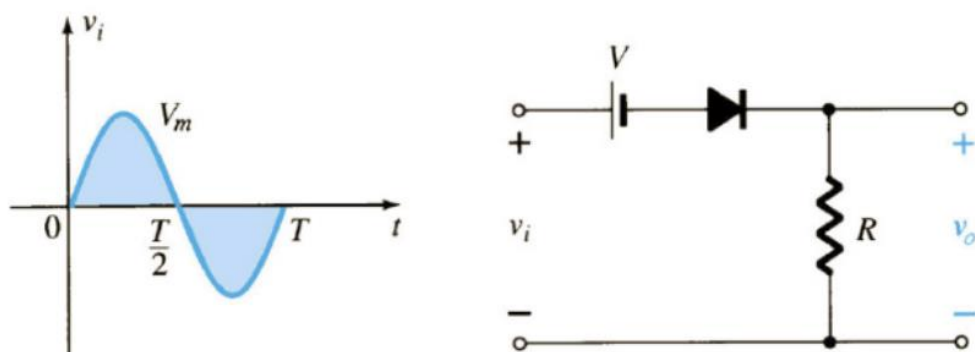


Figura 64 - Ceifador proposto 2

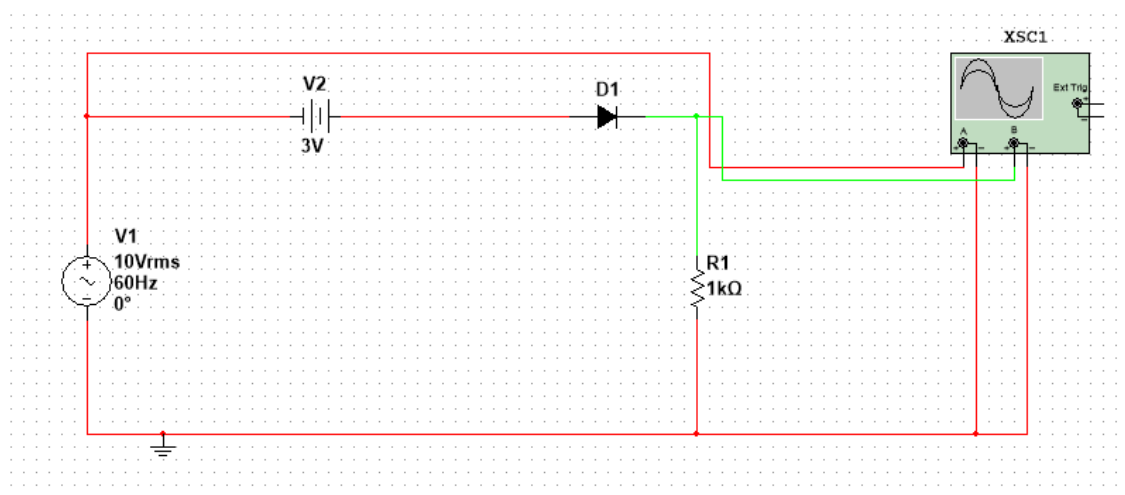


Figura 65 - Ceifador em série com fonte 2 simulado

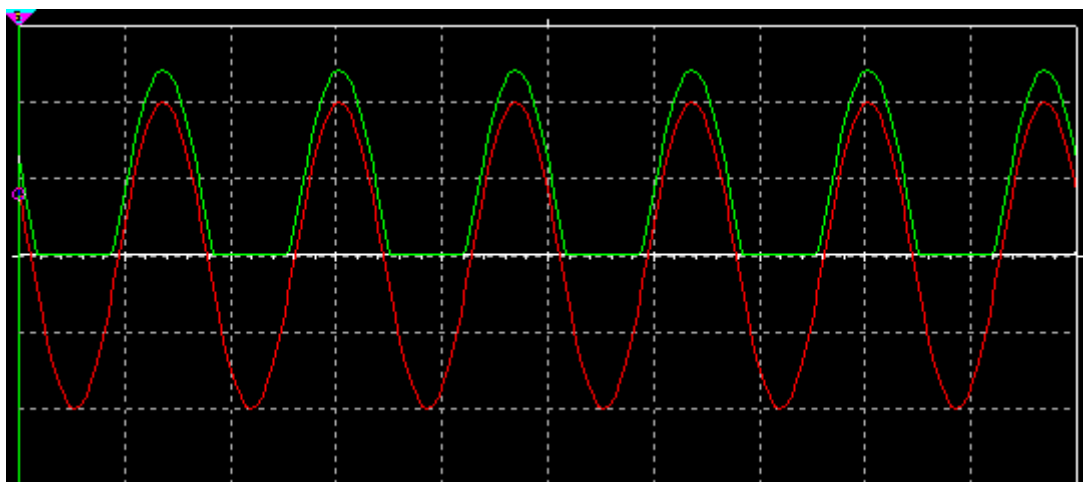


Figura 66 - Circuito ceifador em série simulado

A diferença a ser realçada entre o ceifador 1 e o ceifador 2 é apenas dada pelos valores de fonte de tensão presentes no circuito.

3.4.3 – Ceifador paralelo com fonte

Ceifador paralelo com fonte, exemplo:

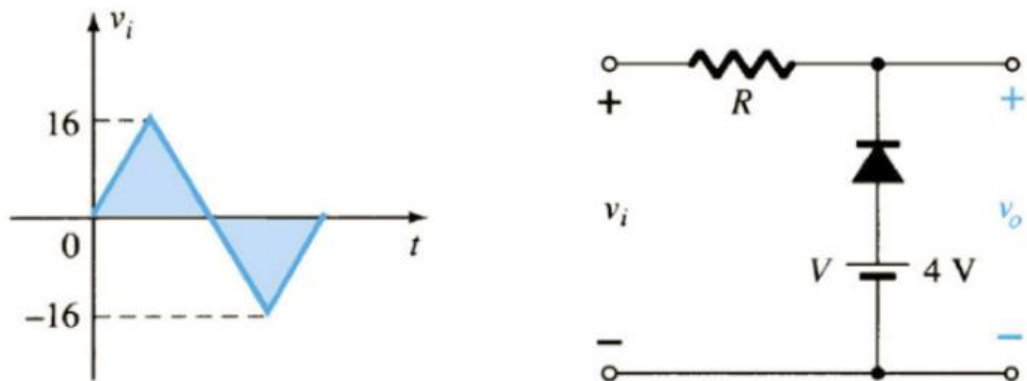


Figura 67 - Ceifador paralelo com fonte proposto

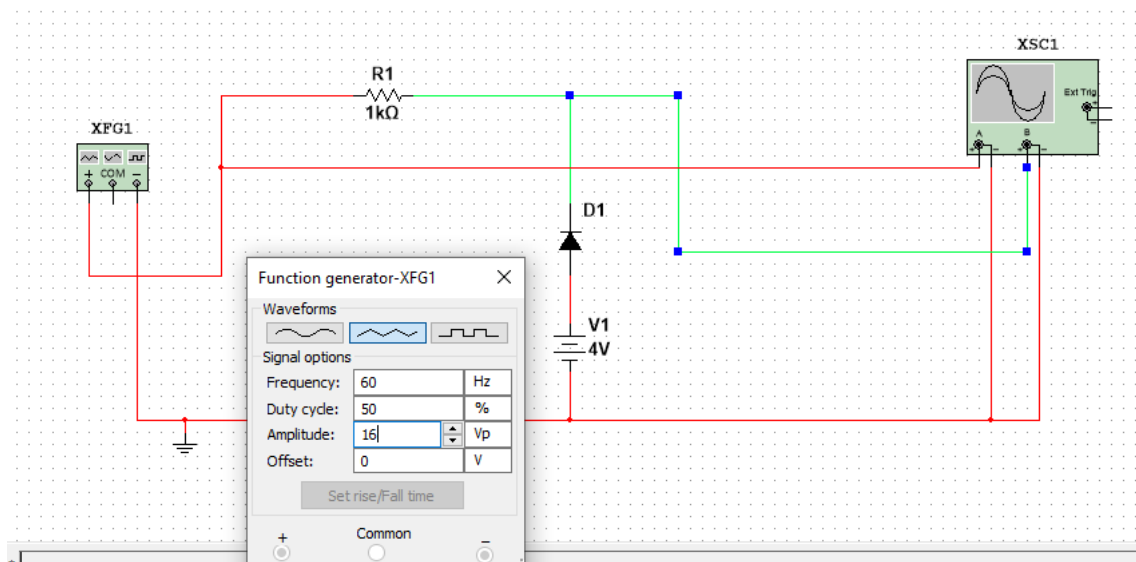


Figura 68 - Ceifador paralelo simulado

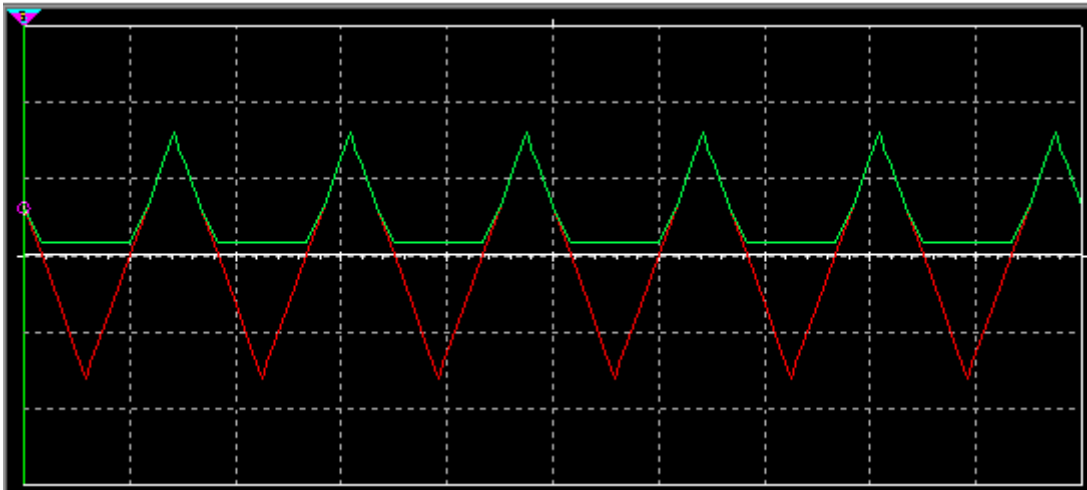


Figura 69 - Circuito ceifador paralelo simulado

Com a forma de onda acima podemos observar que quando a tensão gerada pelo gerador de funções é inferior a 4V, V_0 torna-se constantemente 4V, tornando o diodo polarizado diretamente e permitindo a passagem de corrente pelo mesmo.

3.4.4 – Ceifadores

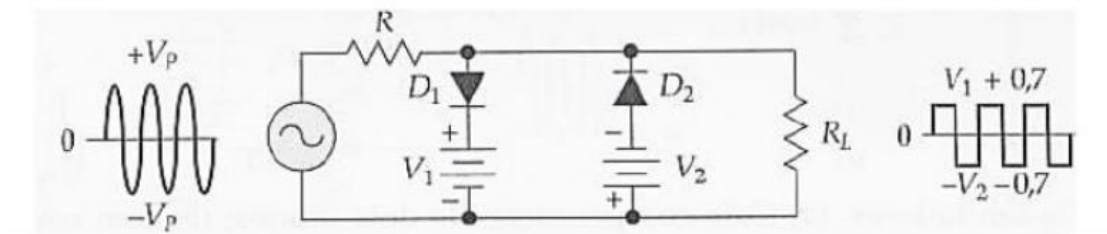


Figura 70 - Ceifadores propostos

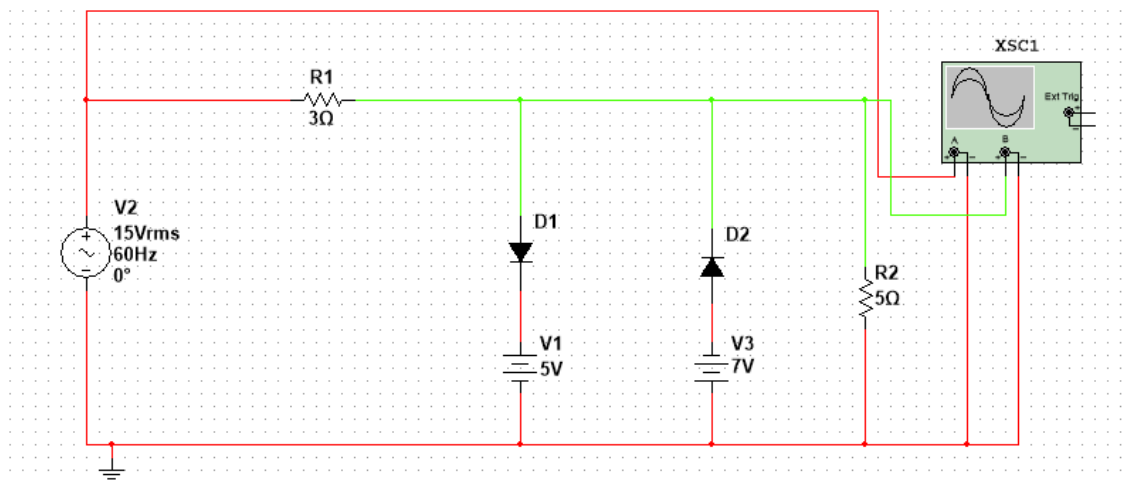


Figura 71 - Ceifador 3.4.4 simulado

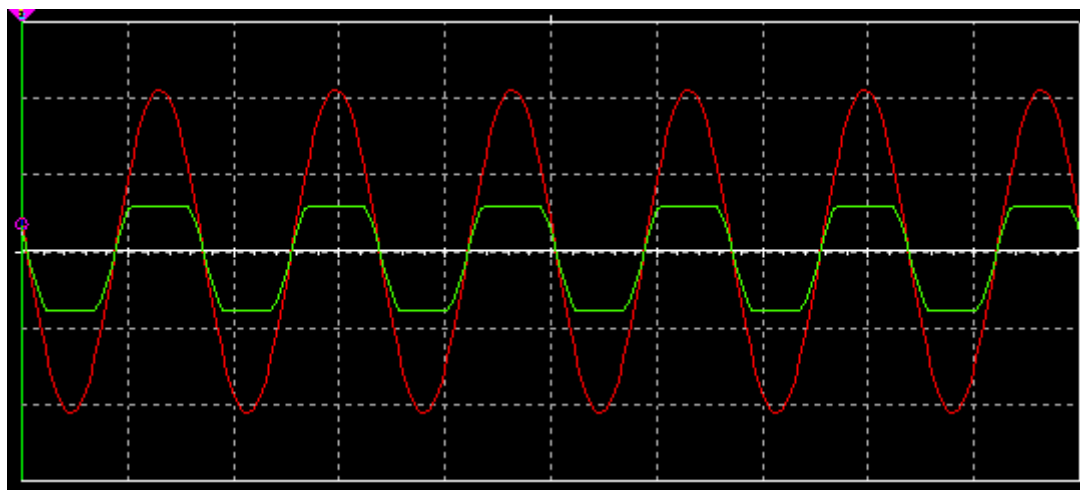


Figura 72 - Ceifador 3.4.4 forma de onda

No circuito ceifador 3.4.4 podemos observar a presença de dois ceifadores opostos um ao outro, desta maneira, quando a fonte de tensão possui um valor de saída positivo sua saída é definida pelo valor de v_1 , polarizando diretamente a passagem pelo diodo D1. Já quando V2 possui valor negativo, o diodo D1 será polarizado inversamente, fazendo com que a passagem da corrente seja bloqueada e polarizando diretamente D2, permitindo neste ponto a passagem de corrente.

3.4.5 – Ceifadores grampeadores

Circuitos grampeadores:

- Tem a capacidade de grampear um sinal em um valor cc diferente.

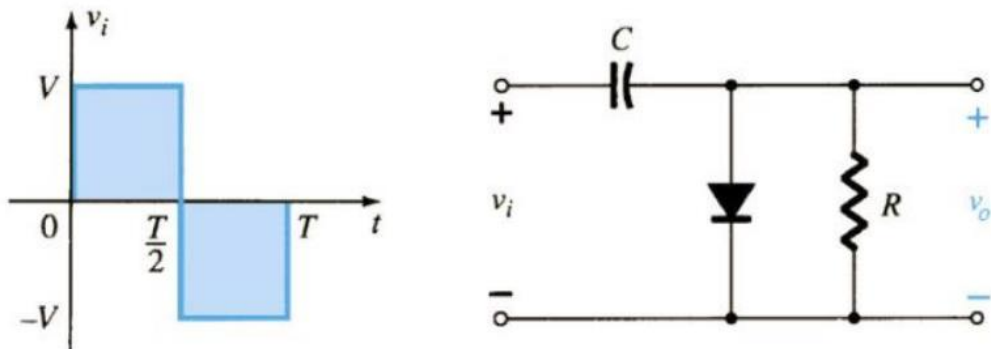


Figura 73 - Circuito grampeador proposto

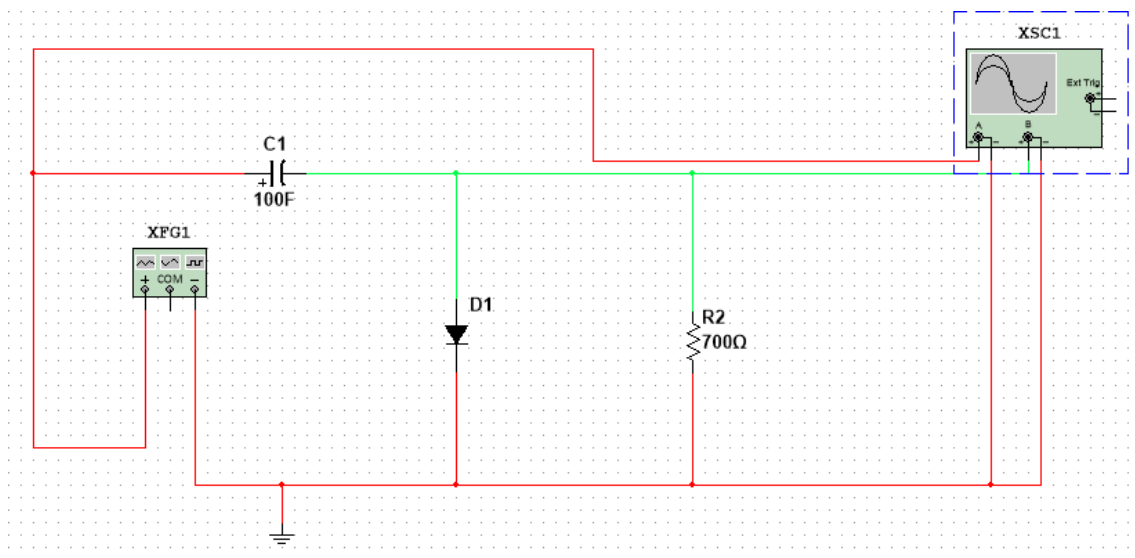


Figura 74 - Circuito grampeador simulado

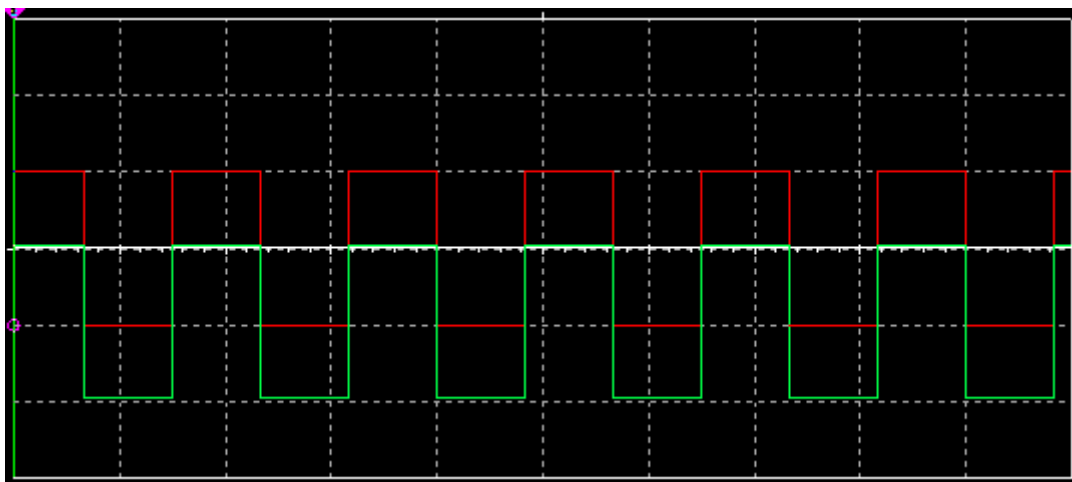


Figura 75 - Circuito grampeador forma de onda

No presente circuito, quando o valor da fonte é negativo o valor da tensão na saída do circuito é equivalente ao dobro da tensão de entrada em função do capacitor presente no circuito.